الجمهوريـــــة العربيـــــة السّـــــورية
وزارة التعلـــــــيم العـــــــالي
جامعـــــــــة دمشـــــــــق
كليّـــة العلـــوم – قســـم الجيولوجيـــا

هيدروجيولوجيا منطقة القرداحة
دراسة تكتونية كارستية

أطروحة أُعدَّت لنيل درجة الماجستير في العلوم الجيولوجية
اختصاص هيدروجيولوجيا

إعداد

إيمان علي طرّاف

باشراف الأستاذ الدّكتور

أحمد بلال

2010 - 2009

إهداء

إلى أمّي الحنون ... نوّارة العمر... نبع العطاء

إلى أبي الغالي ... رمز الشهامة والكبرياء

إلى أخوتي الأحبّاء ... إلى أصدقائي الأعزّاء

إلى أساتذتي الأجلّاء

وأخصّ بالذكر الدكتور أحمد بلال الذي هو في العلم رمزٌ للعطاء

إلى كلّ يد معطاءة في بلدي الحبيب ... بلد السّخاء

مع كلّ الحبّ وجلّ الاحترام

المحتويات

شكر

بكلّ حبّ واحترام أتقدّم بأجلّ آيات الشكر والتقدير لكلّ من ساهم في إنجاز هذا العمل .

الشكر والامتنان والتقدير أقلّ ما يمكن أن أقدّمه لأهلي الأعزّاء الذين كانوا سندي الأساسي في دراستي.

أشكر أستاذي المشرف على البحث الأستاذ الدّكتور أحمد بلال الذي أغنى هذا البحث بتوجيهاته العلميّة والعمليّة، له عميق شكري وجلّ احترامي.

كما أشكر لجنة الحكم التي ستغني بملاحظاتها القيّمة هذه الرسالة وهي إضافة إلى أستاذي المشرف:

أ.د. محمود ابراهيم ــ كلية الهندسة البترولية ــ جامعة البعث

د. عبد المجيد الكفري ــ باحث في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد

شكري العميق وامتناني الكبير للجيولوجي الأستاذ ظافر اليازجي الذي لم يبخل في تقديم المساعدة منذ انطلاقة بحثي.

أشكر المهندسين: شادي فاتحة ، أونج محمود ، نزار كرّوم.

كما أشكر القطّاعات والمؤسّسات التي ساهمت إلى حد كبير في تأمين الكثير من البيانات التي تخصّ البحث:

جامعة دمشق– قسم الجيولوجيا

جامعة تشرين – قسم الجيولوجيا

المؤسّسة العامّة لمياه الشّرب والصّرف الصّحي في اللاذقيّة

مديريّة الموارد المائيّة في اللاذقيّة

المؤسّسة العامّة للجيولوجيا والثّروة المعدنيّة في دمشق

كما أشكر الجيولوجيين والأصدقاء: عبد الوهاب حمد، كنانة ماخوس، محمّد محمود محمّد ، فراس محمّد، ربيع يوسف ، سليمان بدّور، حسان عباس.

أشكر أهالي منطقة القرداحة الأفاضل على كرم الضيافة وحسن التعاون الذي لقيت أثناء العمل الحقلي.

ملخص

شغلت منطقة القرداحة بما لها من موقع هامّ في الجزء الشمالي من السلسلة الساحلية الواقعة شمال غرب سورية اهتمام الجيولوجيين حيث شكلت بخواصها الجيولوجية والمناخية والطبوغرافية والبشرية مكاناً هاماً لتنفيذ مثل هذه الدراسات الجيولوجية.

تعكس الجيومورفولوجيا والتكتونيك وضعاً معقداً يشهد عليه الوديان والهضاب المنتشرة بين انهدام الغاب والبحر. أما تكتونياً فتتميز المنطقة إلى كتلتين شمالية وجنوبية بتأثير فالق السن. كما تخترقها مجموعة من الفوالق باتجاهات مختلفة وبرميات متباينة وقد أدى التكتونيك الشديد إلى تخلع الصخور وتسهيل عمل المياه في تشكل المظاهر الكارستية المختلفة كالدولينات والأقماع الكارستية والمغاور. وأجريت دراسة نصف كمية لتقدير درجة الكارستية .

كما شملت الدراسة تأثير الكارست على نوعية المياه الجوفية حيث ساعد التركيب الليتولوجي للصخور المتكشفة في منطقة القرداحة على تحديد التركيب الجيوكيميائي للمياه الجوفية في المنطقة، كما أن تعقد التكتونيك في المنطقة سهّل عمل المياه بفعل التهطال الشديد الذي يزيد عن ١٠٠٠ مم /سنة.

إن نوعية المياه الجوفية في المنطقة هي بيكربوناتية- كلسية مغنيزية وقد تم تحديد ذلك من خلال تحليل عينات مائية من عدة نقاط مائية كارستية في المنطقة وما يميّز بعض هذه النقاط آبار تم سقوط كامل لعدة الحفر فيها مرات عدة أثناء عملية الحفر كآبار المتن والمران وضهر البراج مما يدل على انتشار الكارست بشكل كبير في منطقة الحفر. لقد تبين من خلال التحاليل المنفذة خلال فترة الدراسة أنّ المياه عذبة صالحة للشرب ملوحتها أقل من ١ غ /ل في النقاط المائية المدروسة. كما تم تحديد حركية المياه، وقد وضعت مقترحات لأعمال مستقبلية.

Abstract

Al-Qirdaha region, with its important location in the northern part of the coastal range in northwest Syria, has attracted the attention of geologists. Their geological, climatic ,topographic properties and human resources, made them an important place to implement such a geological studies.

The geomorphology and tectonics, reflect a complicated case, evidenced by the valleys and plateaus, distributed between Al-Ghab fall down and the sea.

Tectonically, the region is characterized by the two blocks , the north and south one, because of Al-Seen fault .Also, a group of faults penetrate it , from various directions and different slips (movements).

Severe tectonics led to rocks took off, and facilitate the work of water in the formation of various " karistics features" , as dolinates, karsts cones and caves.

A semi quantitative study was conducted to assess the degree of karstics.

The study also examines the karsts impact on the quality of groundwater, by using the lithology composition of the uncovered rocks in Al-Qirdaha region, to identify geochemical composition of groundwater in the region. Also, tectonic complexity of the region, facilitated the water work, by the severe precipitation of over 1000 mm / year.

Groundwater type in the region, is bicarbonate calcium –magnesium, as it was determined by analysis of water samples gathered from several points of karsts water wells in the region.

These points wells are characterized by falling of some drilling tools for several times during the process of drilling wells , as such the states of Al-Miteen, Marran, and Dahr Al-Braj , which indicates the spread of karsts significantly in the digging area.

It is clear from the analysis carried out during the study period, that, the water is drinkable and fresh, with a salinity less than 1 g / l in water points studied.

Also we identified the mobility of water, and developed proposals for future works.

Keywords: geomorphology ,tectonics, karistics features, lithology composition, dolinates, karsts cones.

مقدمة عامة

- الهدف من البحث

- المنطقة المدروسة

- طرائق البحث وتقنيّاته

مقدمة عامة

يعد موضوع المياه من المواضيع الهامة في البلدان العربية لوقوعها في منطقة تعاني من الحرارة والجفاف من جهة، ولقلة التهطال من جهة أخرى . الأمر الذي يفترض مباشرة استنزافاً للمياه الجوفية وعدم كفاية التغذية للحوامل المائية، أي عدم تجددها إلا بنسب محدودة تتوقف على كمية التهطال.

في ضوء هذا الواقع المناخي السلبي كان لا بد من حسن إدارة واستثمار المياه السطحية والجوفية عبر استثمار أمثل لمياه الأمطار قبل أن تسيل وتجري نحو المسطحات المائية الكبيرة من بحار وبحيرات ومحيطات، باعتراضها بشتى أنواع الموانع من بحيرات جبلية وسدود مختلفة من جهة، ومن جهة أخرى عدم الاستثمار الجائر للمياه الجوفية كي لا تنضب ويحدث خلل مائي ينعكس على الحياة الاقتصادية والاجتماعية.

ضمن هذه الرواية يندرج بحثنا الذي يهتم بهيدروجيولوجيا المياه في المنطقة الساحلية بشكل عام ومنطقة القرداحة بشكل خاص.

الهدف من البحث

يهدف هذا البحث إلى:

- التحديد الدقيق لمواقع الكارست و توثيقها على مخططات الدراسة .
- دراسة العناصر المساعدة على تطور الكارست.
- دور الليتولوجيا والتكتونيك في تطور الكارست و أثر ذلك على نوعية المياه.
- ربط المعطيات السابقة لفهم العلاقات المتبادلة بين الكارست والليتولوجيا والتكتونيك والمياه الجوفية.

المنطقة المدروسة

يتركز البحث على منطقة القرداحة التي تقع في الوسط إلى الغرب من الجبال الساحلية على بعد (٣٠ كم) جنوب شرق اللاذقية الشكل (١).

تمتد هذه المنطقة على مساحة / ٥٥ / كيلو متر مربع تقريباً بين خطي الطول /٠٣٤٢ – ٠٣٥٦ /، و خطي العرض / ٣٩١٩ – ٣٩٣٠ / حسب تربيع ميركاتور. تتموقع هذه المنطقة بين جبال الشعرة في الشرق وحدود منطقة القرداحة الإدارية في الغرب وكتلة الجوبة – صلنفة في الشمال وكتلة عين الشرقية في الجنوب.

أعلى النقاط فيها تصل إلى ارتفاع (١٤٢٨ م). تكثر فيها الوديان و المنخفضات، وتخضع المنطقة لمناخ متوسطي يتراوح فيه التهطال بين (٨٠٠ مم / سنة)، في المنخفضات إلى ١٣٠٠ مم / سنة في المرتفعات ممّا يسهل نمو غطاء نباتي كثيف وانتشار الغابات والحمضيات.

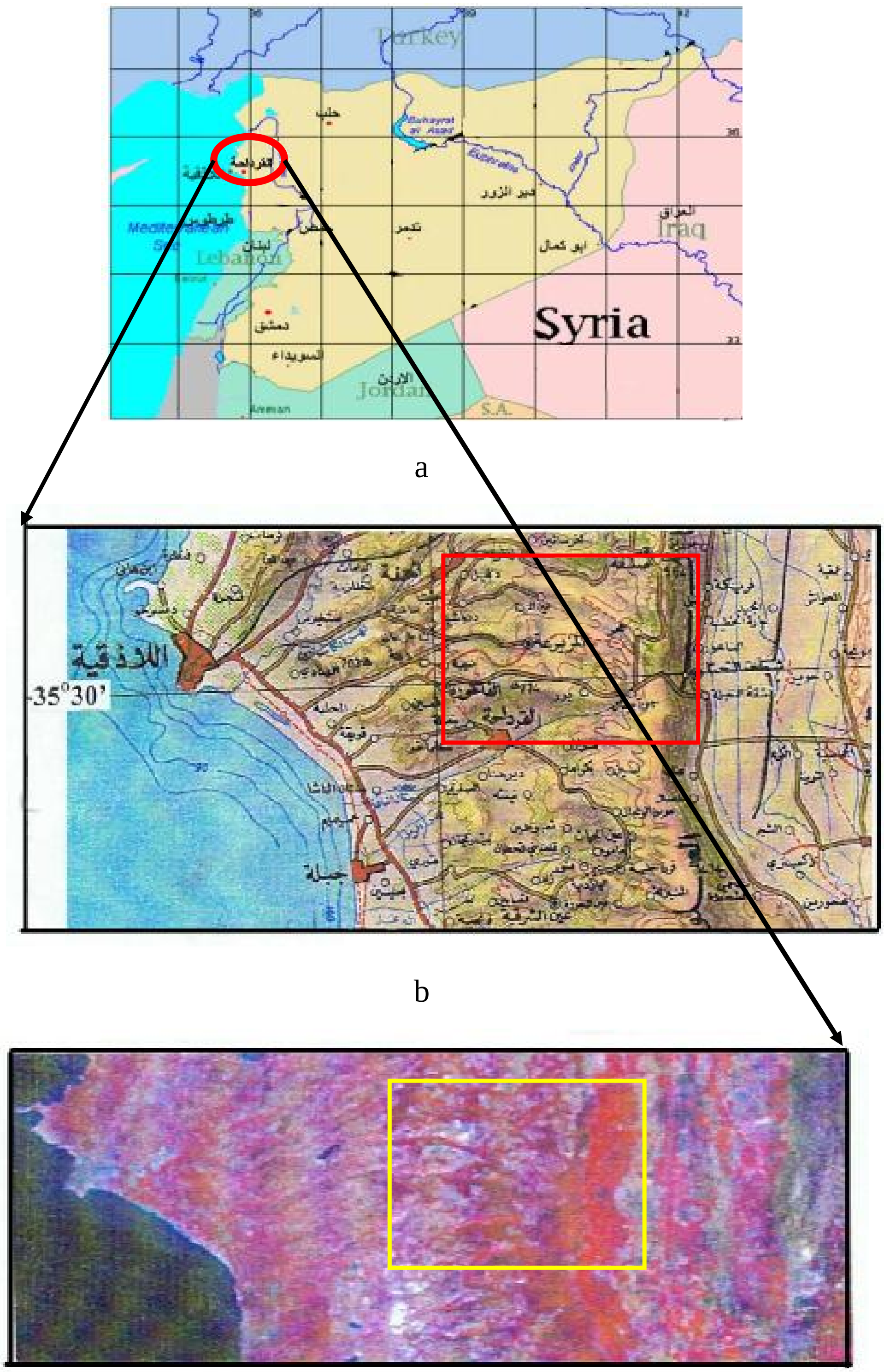
طرائق البحث وتقنيّاته

نفذت الدراسة باستخدام الطرائق المتكاملة التالية:

١. **دراسة حقلية:**

شمل العمل الحقلي على القيام بجولات ميدانية وفق محاور أساسية محددة في منطقة الدراسة بحيث أمكن القيام بما يلي:

- مسح جيولوجي تفصيلي لمواقع الظواهر الكارستية (المغاور و الكهوف و الدولينات) وإعداد مقاطع شاقولية و عرضية في هذه الموقع.
- تتبع فوتوغرافي ملون لهذه المواقع.
- تحديد أبعاد وأشكال و أعماق و انتشار هذه الظواهر و المواد المتوضعة فيها.
- أخذ عينات صخرية من هذه المواقع لتحليلها جيوكيميائيّاً.
- أخذ عينات مائية من مياه المغاور الكارستية و بعض الآبار المحفورة في مناطق انتشار الكارست التي تتشكل فيها ينابيع دائمة الجريان (عين الزرقا).
- أخذ عينات صخرية متماسكة ومفتتة من الدولينات لاختبارها هيدروكيميائياً.



a

b

c

الشكل (١) a - خارطة سورية موضح عليها منطقة الدراسة

b– الخارطة الطبوغرافية بمقياس ١/١٠٠٠٠٠ c- صورة فضائية لاندسات لعام ١٩٩٥

٢. **دراسة تحليلية:**

شملت هذه الدراسة على نوعين من التحاليل:

١ - تحاليل صخريّة :

a - تحاليل ليتولوجية: تم أخذ عينات صخرية من مواقع محددة في منطقة الدراسة، وتم تحليلها باستخدام المجهر الاستقطابي لتحديد الخصائص الفلزية والبنية والنسيج بالإضافة إلى عيّنات صخرية تمّ أخذها لتحليلها كيميائيّاً.

b - تحاليل جيوكيميائية لعيّنات صخرية من مناطق انتشار الكارست.

٢ - تحاليل مائية لعينات من مياه المغاور الكارستية التي تتشكل فيها ينابيع دائمة الجريان (نبع مغارة عين الزرقا) ومن آبار المناطق التي ينتشر فيها الكارست وتم تحليلها بواسطة جهازي السبيكتروفوتومتر والمعايرة اليدوية.

٣ - ربط المعطيات الحقلية والتحليلية للوقوف على فهم التداخل بين الكارست والتكتونيك من جهة وبينهما وبين الهيدروجيولوجيا من جهة أخرى.

أمّا التقنيات فهي تقليديّة شملت على:

- وسائل المسح الجيولوجي المعروفة من قياس سماكات وميول واتجاهات.
- الدّراسة المجهريّة البتروغرافية والمنرالوجية.
- طرق التحليل الطبقي الصّخري.
- الطّرق الحديثة في التّحاليل المائيّة.
- اعتماد الدياغرامات المعيارية للمقارنة والتّحليل.

الجزء الأول

دراسات قاعدية وبيبلوغرافية

١ـ الفصل الأول: الإطار الجيولوجي للمنطقة

٢ـ الفصــل الثــاني: مفهــوم الكارســت ومظــاهره وخصائصــه الفيزيا_كيميائية

الفصل الأول

الإطار الجيولوجي للمنطقة

تقع الجبال الساحلية على حافة الركيزة العربية التي يحدها من الغرب حوض البحر الأبـيض المتوسط ومن الشرق غور الغاب (الامتداد الشمالي لخليج العقبة-غور البحر الميت)، وسلسلة جبـال لبنان الغربية من الجنوب، وتكون على شكل نصف نجد ويرتفع الجزء الشرقي بنيويـاً وطبوغرافيـاً أكثر من الجزء الغربي، لذلك فإن الصخور الأحدث تتكشف مبتعدة باتجـاه الغـرب. لقـد تـأثرت المنطقة خلال الميزوزوي والسينوزوي بتطور التيتس والركيزة العربية الشكل (١-١).

تعود رسوبيات الكريتاسي والباليوجين المتوضعة في المنطقة إلى رصيف التيتس ويدل علـى ذلك التغيرات السحنية العمودية للتوضعات الشاطئية، العتبة القارية والمنحدر القـاري، ينـدر وجود عدم توافق، بينما تكون التبدلات السحنية الجانبية أقل وضوحاً.

لقد اقتصرت الحركات البنيوية التي حدثت منذ الميزوزوييـك وحتـى الآن علـى الحركـات الإقليمية لنشوء القارات (الارتفاع والانخفاض الدوري) والفوالق. بينمـا حـدثت النشـاطات البركانية ذات الخاصة البازلتية في عصر النيوجين.

وقد وصف بونيكاروف (١٩٦٣)، المنطقة بسلسلة ساحلية قوسية يحدها الفـالق السـوري اللبناني والكتلة الشمالية الغربية السورية من الشرق، رأس البسيط وحوض النهر الكبيـر مـن الشمال، والبحر الأبيض المتوسط من الغرب.

نتناول في هذا الفصل الإطار البنيوي والليتوستراتغرافي لمنطقة الدراسة والأعمـال السـابقة بشكل عام، والتكتونيك والكارست والهيدروجيولوجيا والهيدرولوجيا بشكل خاص.

١ - ١ - **الدراسات السابقة:**

لما كانت منطقة الدراسة تشكل جزءاً من المنطقة الساحلية فقد جذبت الدارسين الجيولوجيين الأوائل واستمرت حديثاً حيث شكلت موضوعات لأبحاث الجيولوجيين الحاليين وقد كانت ذات صيغة عامة وترافقت مع أهداف المسح الجيولوجي وأحياناً النفطي ولم تتخصص إلا حديثاً. ونستطيع تمييز عدة مراحل من هذه الدراسات.

الأولى: امتدت من النصف الثاني للقرن التاسع عشر وحتى السبعينيات وقام بها الجيولوجيون الأوربيون الألمان في البداية ثم الفرنسيون ولا سيما دوبرتريه. أولى هذه الدراسات تعود إلى Blankenhorn (1814-1891) التي توجت بدراسات لتوضعات البليوسين في نهر الكبير الشمالي وتوضعات السربنتين والغابرو شمال شرق اللاذقية وتمخض عنها وضع خارطة للمنطقة بمقياس ١/٥٠٠٠٠٠.

تلا ذلك دراسات KOBER (١٩١٥ – ١٩١٩) لشمال سورية ومنطقة طوروس في تركيا وكذلك كرينكل (١٩٢٤) دون أن يعثر على مراجع لهذا الأخير.

استمرت الدراسات الأوروبية من خلال الفريق الفرنسي برئاسة دوبرتريه منذ العام ١٩٢٨ بالاشتراك مع فوتران وكبلر حيث جرت دراسات منتظمة لكل الأراضي السورية ، نشرت معطياتها في تقارير ومذكرات بين ١٩٢٨ – ١٩٣٧ متضمنة أول خارطة جيولوجية بمقياس ١/١٠٠٠٠٠٠ عام ١٩٣٣ ، وخارطة ليتولوجية بنفس المقياس وكذلك خارطة جيولوجية بمقياس ١/٥٠٠٠٠٠ للمنطقة الساحلية (سورية ولبنان). وهناك دراسات للعالمين فيشر وكلير (١٩٤٥- ١٩٤٨)للتوضعات البحرية البليوسينية والرباعية لمنطقة الساحل السوري اللبناني ، ودراسات فوما (١٩٥٣- ١٩٥٤) لمورفولوجية الساحل وأثر الحركات التكتونية الحديثة عليها.

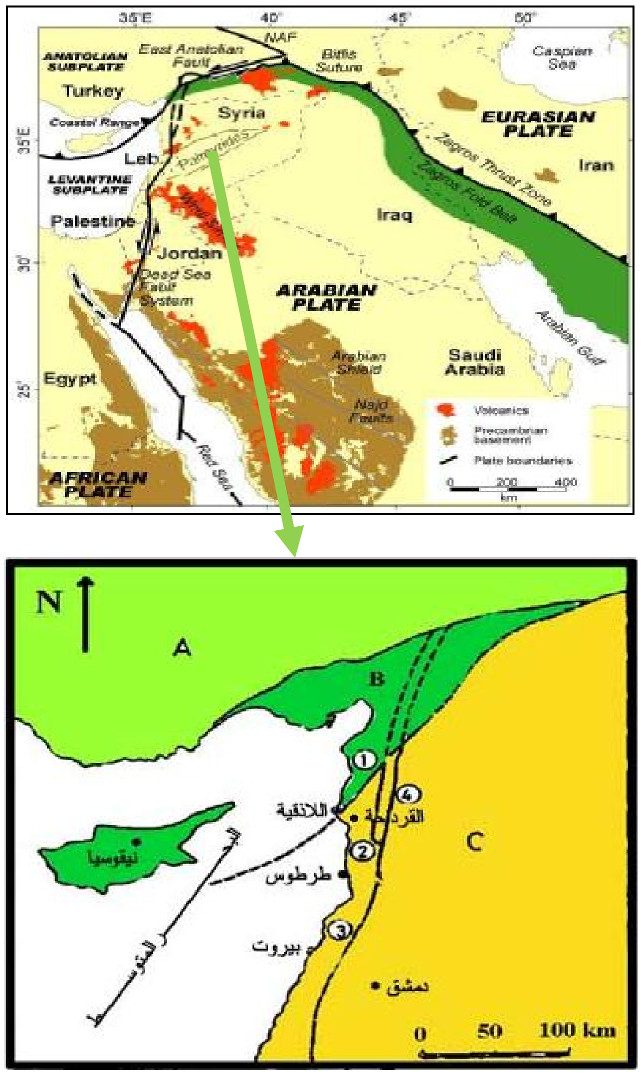
الثانية: بدأت مع العام (١٩٥٨) بالدراسات السوفييتية حيث قام الفريق السوفييتي بموجب عقد بمسح جيولوجي لسوريا تمخض عنه وضع خرائط جيولوجية بمقياس ١/٢٠٠٠٠٠ وبعض الرقع بمقياس ١/٥٠٠٠٠ ، وخرائط جيولوجية بمقياس ١/٥٠٠٠٠٠ و ١/١٠٠٠٠٠٠، وإعداد المذكرات الإيضاحية لها بإشراف وإدارة بونيكاروف (١٩٦٦ – ١٩٦٧) وتلا ذلك مجموعة دراسات عالمية نذكر منها دراسات ماك كيري(١٩٧٢)، ليونوف(١٩٨٥) وماي(١٩٩١) وغيرها.

الثالثة: قام بها الباحثون السوريون بشكل خاص بدءاً بدراسات معطي عن السلسلة الساحلية ولا سيما اللياس (١٩٧٦-١٩٩٧-٢٠٠٠).

على أن دراسات نوعية تخصصية أخذت تبرز تباعاً قادتها المؤسسات الجيولوجية والاستشعار عن بعد وبعض الاختصاصيين والباحثين المهتمين بدأت بدراسات نفطية للشركة السورية للنفط (التقارير النهائية لآبار فديو، اللاذقية (١ ،٢ ،٣ ،١٩) وتفسير المعطيات الاهتزازية لهذه الآبار (العطري وتنكجي ١٩٨٢)، ودراسات يوسف وغانم (١٩٨١) عن البنية الجيولوجية العامة والاحتمالات النفطية في غرب وشمال سورية وكذلك دراسات كزكز (١٩٧٨) عن التفسيرات الجيولوجية لشواذات الجاذبية في السلسلة الساحلية وأخيراً دراسات شركة بيسيب النفطية (picip 1976) ومن هذه الدراسات المسح الجيولوجي الذي قامت به المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية لرقعة القرداحة (١٩٧٨). وفي السنوات الأخيرة جرت بعض الدراسات النوعية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد من قبل (بلال، ٢٠٠٢) و(بلال وعمار ،٢٠٠٢- ٢٠٠٤). إضافة إلى دراسات عبد الله (Abdulah 2008).

وهكذا يتضح أن الدراسات التخصصية في مجال الهيدروجيولوجيا وعلاقة التكتونيك والكارست لم تنل الاهتمام المطلوب في منطقة الدراسة مما يجعل من هذه الدراسة خطوة

نوعية لمنطقة في غاية الأهمية كتأمين المياه اللازمة للشرب والأنشطة الزراعيـــة والصــــناعية من جهة وحسن إدارة مياه الأمطار الهاطلة والتي يصل متوسطها إلى ما يزيد (٨٠٠مم/سنة).



1 - كتلة البسيط 2 - الجبال الساحلية 3 - جبال لبنان 4 - انهدام الغاب

A – الأورجينا الألبي B – النّطاق الانتقالي C – البلاتفورم (السطيحة) العربي

الشكل (١-١) مخطط بنيوي لشرق البحر الأبيض المتوسط يوضح مختلف

الوحدات البنيوية المكونة (المؤسسة العامة للجيولوجيا ١٩٧٨)

١-٢- الوضع البنيوي

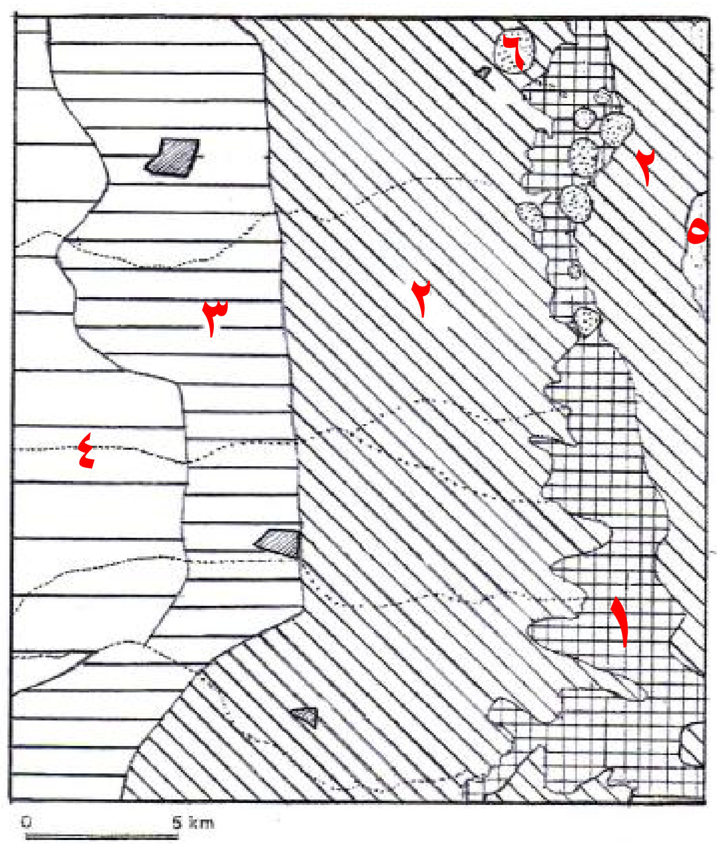
نميز في الوضع البنيوي بين الجيومورفولوجيا من جهة والتكتونيك من جهة أخرى.

١-٢-١- الجيومورفولوجيا

تقع سلسلة الجبال الساحلية شرق القرداحة وترتفع عن مستوى سطح البحر بحوالي ١٤٣٥م، تميل بشكل عام غرباً بانحدار هادىء نحو البحر الأبيض المتوسط بينما يكون انحدارها شديداً باتجاه غور الغاب في الشرق وتجري فيها عدة جداول بعيداً نحو الشرق متغلغلة في السلسلة الجبلية.

جيومورفولوجياً تقسم القرداحة إلى أربع مناطق متمايزة الشكل (١ – ٢):

١. الجبال الساحلية في الشرق.
٢. التلال السفحية للجبال في الوسط (٣٠٠ – ٥٠٠ م) فوق مستوى سطح البحر.
٣. المنطقة الهضابية في الغرب والتي تنحدر بهدوء نحو السهل الساحلي.
٤. سهل الغاب الواقع في شرق الجبال.



١ - هضبة كارستية معتدلة التقطع ٢- أرض عميقة التقطع ٣- المنطقة الهضابية
٤- السهل الساحلي ٥ - سهل الغاب ٦ - أقماع بركانية.

الشكل (١ – ٢) خارطة جيومورفولوجية للمنطقة توضح الوحدات الجيومورفولوجية الأساسية فيها.

تتألف الجبال الساحلية من وحدتين جيومورفولوجيتين، يعود الجزء الأوسط والشمالي من تلك الجبال إلى أراضي كربوناتية عميقة التجزئة ،غالباً ما تحوي أحجاراً كلسية ودولوميتية في المناطق ذات التضاريس العالية. كما تحوي أحياناً طبقات بينية من الحجر الكلسي المارلي مع حجر كلسي دولوميتي في المنحدرات السفلية للوديان. ويبلغ أعلى ارتفاع للتضاريس ١٤٥٠م (دوبرتريه ١٩٣٢ - ١٩٣٣ ، بونيكاروف ١٩٦٦ – ١٩٦٧).

وغالباً ما تكون معظم السفوح محدبة بحيث تمثل مناطق شديدة الانحدار، وبسبب الميل الشديد للمنحدرات فإنه من المألوف وجود أرصفة من الصخور العارية كما توجد على قمم الجبال الساحلية فوهات عميقة دائرية الشكل يتجاوز عمقها الـ (٣٠٠ م) تقريباً وبقطر يبلغ (١كم) ومعظمها غير متصل بالوديان تسمى دولينات أو جوبات (جوبة الربند – جوبة الجمال).

يعود الجزء الجنوبي من الجبال الساحلية إلى هضبة كارستية معتدلة التقطع (moderate dissected karstic tableland) في أرض عميقة التقطع (deeply dissected terrane).

تضم الهضبة الكارستية هذه صخور كربوناتية كارستية شديدة التصدع مؤلفة من حجر كلسي ودولوميت ويبلغ أعلى ارتفاع للتضاريس ٨٠٠ م. بينما ينحدر السطح بشكل هادىء نحو الغرب. ومن المألوف وجود حفر مجاري، حفر انهيارية، مظاهر كارستية وشقوق.

أما شبكة تصريف المياه فتوجد تحت الأرض. تتغير المظاهر المورفولوجية فجأة لدى تجاوزها مع الأرض عميقة التقطع. (Dubertret, 1933) (Burdon , 1954)

سفوح تلال المنحدر الغربي للجبال الساحلية في منطقة الدراسة تتألف بشكل عام، من منحدرات مائلة بلطف باتجاه الغرب مؤلفة من المارل، الدولوميت، الصخور الكلسية المارلية والصخور الكلسية تقطعها وديان عرضانية ومداخن البراكين. تتوضع أمام الجبال تلال يصل

ارتفاعها إلى ٦٠٠م فوق سطح البحر. يلاحظ أن الكارست ضعيف في هذه المنطقة تتغطى معظم السفوح بركام المنحدرات.

ترتفع منطقة التلال بلطف من ١٠٠-٢٥٠ فوق مستوى سطح البحر. أما زاوية الانحدار فهي بصورة عامة أصغر من ١/°/. تغير الوديان شكل هذه الأراضي ويلاحظ تشكل المصاطب المنبسطة جزئياً.

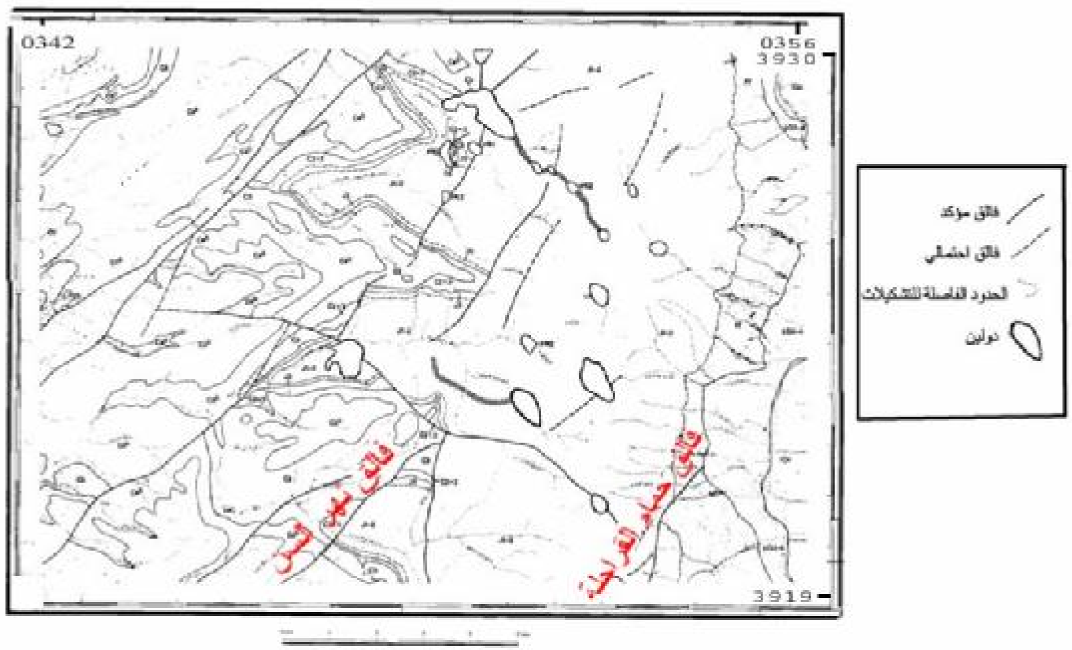
١-٢-٢-**الوضع التكتوني**:

تقع منطقة القرداحة في القسم الهامشي من العتبة العربية، يحدها من الشرق الفالق السوري اللبناني (منخفض الغاب)، ويحدها من الغرب البحر الأبيض المتوسط.

يسمح الفالق الممتد من الشرق إلى الغرب (فالق نهر السن) بتقسيم هذه المنطقة إلى كتلتين الأولى شمالية والثانية جنوبية.

تغطي الكتلة الشمالية ٧٥% من المنطقة ويمكن وصفها بنجد وحيد الجانب يتراوح ميل الطبقات من الخفيف إلى الشديد ويكون الميل باتجاه الغرب والجنوب الغربي، ويغوص الحد بين الجوراسي والكريتاسي من ارتفاع ١٣٠٠-١٤٠٠م.

تتعدل الاتجاهات والميول بالفوالق الكثيفة المتجهة من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي. مقدار الرميات لهذه الفوالق يتراوح من (٢٠- ٤٠٠م) وبشكل عام يكون القسم الشمالي هو القسم الهابط وفي بعض أقسام المنطقة يكون الوضع التكتوني للطبقات أكثر تعقيداً بتأثير التكسرات الصغيرة أو يكون اتجاه الفوالق موازياً لصدع الغاب الرئيسي ومشكلاً عدداً من التراكيب المقعرة المعروفة بالدولينات الشكل (١-٣).



الشكل (١-٣) خارطة تكتونية لمنطقة الدراسة
(عن رقعة القرداحة ١\٥٠٠٠٠ المؤسسة العامّة للجيولوجيا ١٩٧٨)

أما الكتلة الجنوبية فيمكن وصفها كنجد منحرف يميل إلى الغرب على العموم وهذه الكتلة تقطعها مجموعة من الفوالق المتجهة من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، وهي ذات رميات صغيرة، وتكون التكسرات مفقودة. تميل قاعدة الصخور الكريتاسية من ارتفاع ١٤٠٠م وتصل حتى مستوى البحر عبر مسافة ١٨كم.

تنفصل الكتلتين عن بعضهما، كما أشرنا سابقاً، بفالق رئيسي هو فالق نهر السن الذي يبدأ عند نبع نهر السن في الغرب ويتجه نحو الشرق حتى يصل منطقة حصنان ياشوط. حيث يتفرع جنوبها إلى فرعين الأول يتجه نحو الشمال الشرقي ويستمر حتى يصل منخفض الغاب تاركاً آثاراً مورفولوجية يمكن ملاحظتها جيداً، والثاني يتجه نحو الشرق برمية أقل من ٢٠٠م ويختفي في الصخور الجوراسية المجوّاة المتوضعة على ذرى الجبال، يرافق فالق نهر السن

عدد من الفوالق الجانبية. وتتكشف الرمية الأعظمية للفالق في منطقة قطيلبية – بتمانا – حمام القراحلة حيث تزيد فيها عن ٨٥٠ م (فالق الحمام).

نستنتج من تشابه الوضع التكتوني لكلا الكتلتين بأنهما من نفس المنشأ. فقد نهضتا خلال فترة تشكل انهدام الغاب. وفي العصر اللاحق استدارت الكتلة الشمالية بينما بقيت الكتلة الجنوبية في موضعها. تتوافق الشقوق الموجودة في الطبقات مع اتجاهات الفوالق ويمكن أن نميز هنا بين نمطين مختلفين من الفوالق:

١. النمط الأول: وتكون اتجاهات الفوالق فيه (شمال غرب- جنوب شرق) و(شمال شرق- جنوب غرب) ويرتبط بالفوالق القاطعة للجبال والمتجهة من الجنوب الغربي نحو الشمال الشرقي.

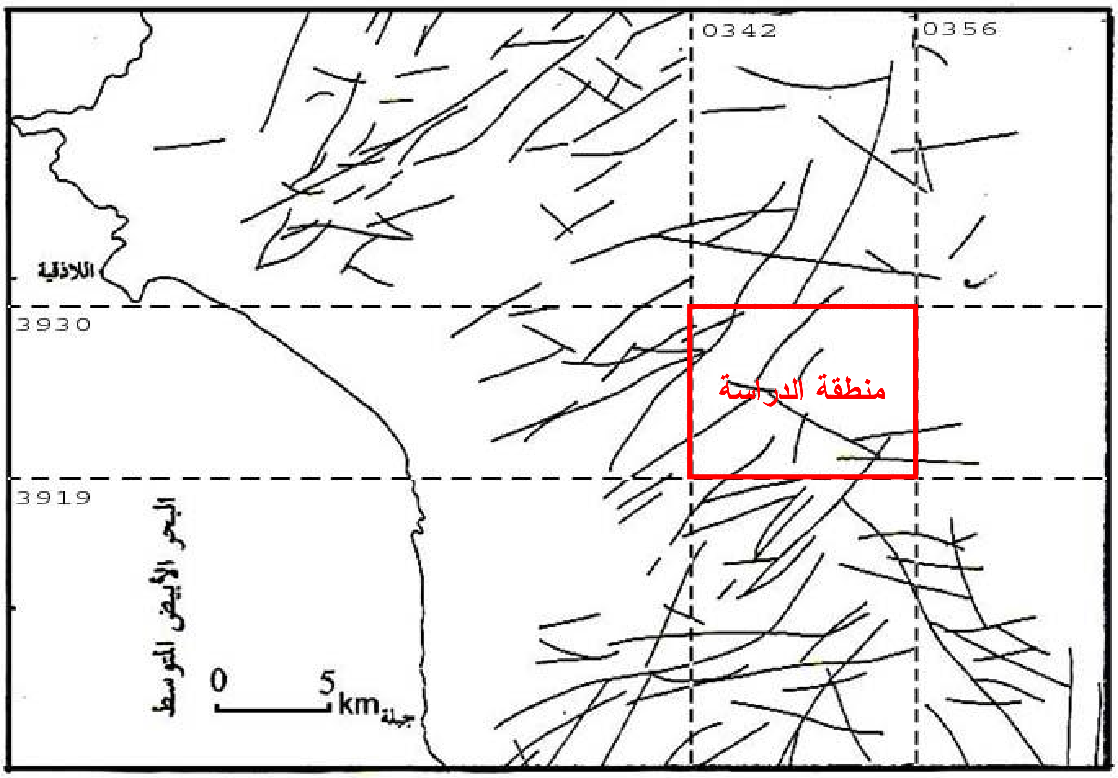
٢. النمط الثاني: وتكون اتجاهات الفوالق فيه من الشمال نحو الجنوب ومن الشرق إلى الغرب. ويرتبط تشكله بمنشأ صدع الغاب ومنشأ فالق نهر السن.

إن السطوح الملساء لمرآة الفوالق لا تلاحظ إلا في حالة الفوالق ذات الحركات الشاقولية، كما أنه لا يمكن التمييز بين أنماط الشقوق بالاعتماد على عمر الصخور.

إن الصفة المميزة للفوالق المتجهة من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي هو وقوعها على السفوح الغربية للجبال الساحلية. والرميات الأعظمية لهذه الفوالق تقع في القسم الأوسط من سفوح هذه الجبال وتختفي في الأعلى وتكون أقل أهمية بالابتعاد نحو الغرب. لا تظهر الطيات في منطقة القرداحة لكن خطوط التسوية البنيوية في الخارطة التكتونية تظهر ما يشبه المحدبات والمقعرات الناتجة عن عدد من الفوالق الصغيرة (التي لا تزيد رميتها عن ٥٠ م).

إن وجود الفوالق والشقوق في طبقات منطقة القرداحة يعزى لحادث تكتوني لاحق لتوضع رسوبيات الباليوجين ولا يمكن ملاحظة الفوالق الواقعة في الصخور العائدة للجوراسي وأسفل

الكريتاسي نظراً لتوقفها عند حدود التشكيلات المغطية (الكريتاسي حتى الباليوجين). وقد أجريت دراسة تكتونية لمنطقة الدراسة بتحليل الصور الفضائية أمكن من خلالها وضع مخطط تكتوني (شكل ١ – ٤). يبدو من هذا المخطط أن المنطقة تتميز بتكتونية شديدة التخلع وتخترقها عدة منظومات فالقية بتوافق مع الخارطة البنيوية ولكن بتفصيلات أدق.



الشكل (١-٤) المخطط التكتوني لمنطقة الدراسة من تحليل الصور الفضائية (بلال، ٢٠٠٢)

١ – ٣ - العمود الطبقي (الليتوستراتيغرافيا):

تعود أقدم التكشفات في منطقة الدراسة إلى الجوراسي حيث لا دليل مثبت حتى الآن على وجود الحقب الأول.وسنلقي الضوء بشكل موجز وسريع على مكونات العمود الطبقي (الشكلان ١-٥،٦).

١ – ٣ – ١ - الترياسي:

لم يتم حتى الآن إثبات العمر الجيولوجي لصخور الدولوميت التي تتوضـــع تحـــت دولوميـــت الجوراسي في قمم جبال القرداحة ومن المحتمل أن يكون الدولوميت هـــذا قـــد توضـــع فـــي الترياسي (بونيكاروف ١٩٦٧) ويعتبر معطي أن صخور الدولوميت تعود إلى عمر الليـــاس (معطي١٩٧٦) على الرغم من عدم تمييز المستحاثات المجهرية والكبيرة في هذه الصخور.

١ – ٣ - ٢ – الجوراسي:

أقدم التكشفات الواضحة حتى الآن تعود إلى الجوراسي حيث تتكشف التوضعات الجوراسية في المنطقة المدروسة على جانبي خط الفصل المائي في أعالي سلسلة جبال القرداحة وعلـــى المنحدرات الغربية والشرقية لهذه الجبال حيث تسود التوضعات الدولوميتية القاسية و الحجـــر الكلسي إضافة إلى الدولوميت الرملي وصخور كلسية أفانيتيـــة والحجـــر الكلســـي المـــارلي وتداخلات مارلية غضارية مع تناوبات من الحجر الكلسي والمـــارل الـــدولوميتي. تتـــراوح سماكة الجوراسي ما بيـــــــن (٩٥٠ – ١٠٠٠ م).

واستناداً إلى نتائج الدراسات التي قام بها فريق المؤسسة (١٩٧٨) وخاصة دراسات معطـــي (١٩٧٦ – ٢٠٠٠) تم تقسيم صخور الجوراسي المتكشفة في المنطقة إلى وحـــدتين **ســـفلى** تعود إلى الجوراسي الأدنى والأوسط (J_1-J_2) و**عليا** تعود إلـــى الجوراســـي الأعلـــى(J_3). ويمكن تمييز المكوّنات التالية في الجوراسي .

١ -٣-٣- ١ - الجوراسي الأدنى والأوسط (J_1-J_2):

تتكشف صخور الجوراسي الأدنى إلى الأوسط بشكل كامل على قمم الجبـــال الســـاحلية والمنحدر الشرقي. وفي القاعدة تحوي على تطبقات رقيقة إلى متوسطة فاتحة اللون، وتطبقات غير واضحة جزئياً أو تطبق صفائحي مع دولوميت غير مستحاثي يصل إلى ســـماكة ١٠٠م،

ويتدرج باتجاه الأعلى إلى دولوميت غير واضح التطبق ذو حبيبات ناعمة إلى متوسطة الحجم تصل سماكته ٣٥٠م. ويصبح بعد التجوية هشاً ورملياً. ويغطي الدولوميت الرملي دولوميت كتلي رمادي اللون، بتطبق واضح أو تطبق غير واضح سماكة ٢٥٠م. وتغطي هذه الصخور تشكيلات من أحجار كلسية أفانيتية سميكة التطبق ومستحاثية جزئياً (جزئياً بيوضي كاذب). تتناوب في القسم السفلي مع الدولوميت سماكة (١٥٠م). ويكون التماس بين الأحجار الكلسية والدولوميت المتوضع تحتها غير واضح التطبق. يلاحظ في المنطقة الشرقية من جوبة البرغال تدرج جانبي من أحجار كلسية متطبقة إلى دولوميت غير متطبق.

تتكشف تشكيلة الأحجار الكلسية العائدة للجوراسي الأوسط والأدنى في مقاطع الوديان في المنحدر الغربي من الجبال الساحلية.

١-٣-٣- ٢ – الجوراسي الأعلى (J_3)

تقع طبقات الجوراسي الأعلى عند نقطة تماس رسوبيات الكريتاسي. ويمكن تميزها في تكشفات عديدة، ولكن نقطة تماسها مع الأحجار الكلسية العائدة للجوراسي الأوسط الموجودة تحتها تغطى غالباً بركام المنحدرات (معطي وآخرون ، ١٩٧٥). و تتراوح سماكة طبقات الجوراسي الأعلى في منطقة القرداحة من (٢٥- ٤٠ م).

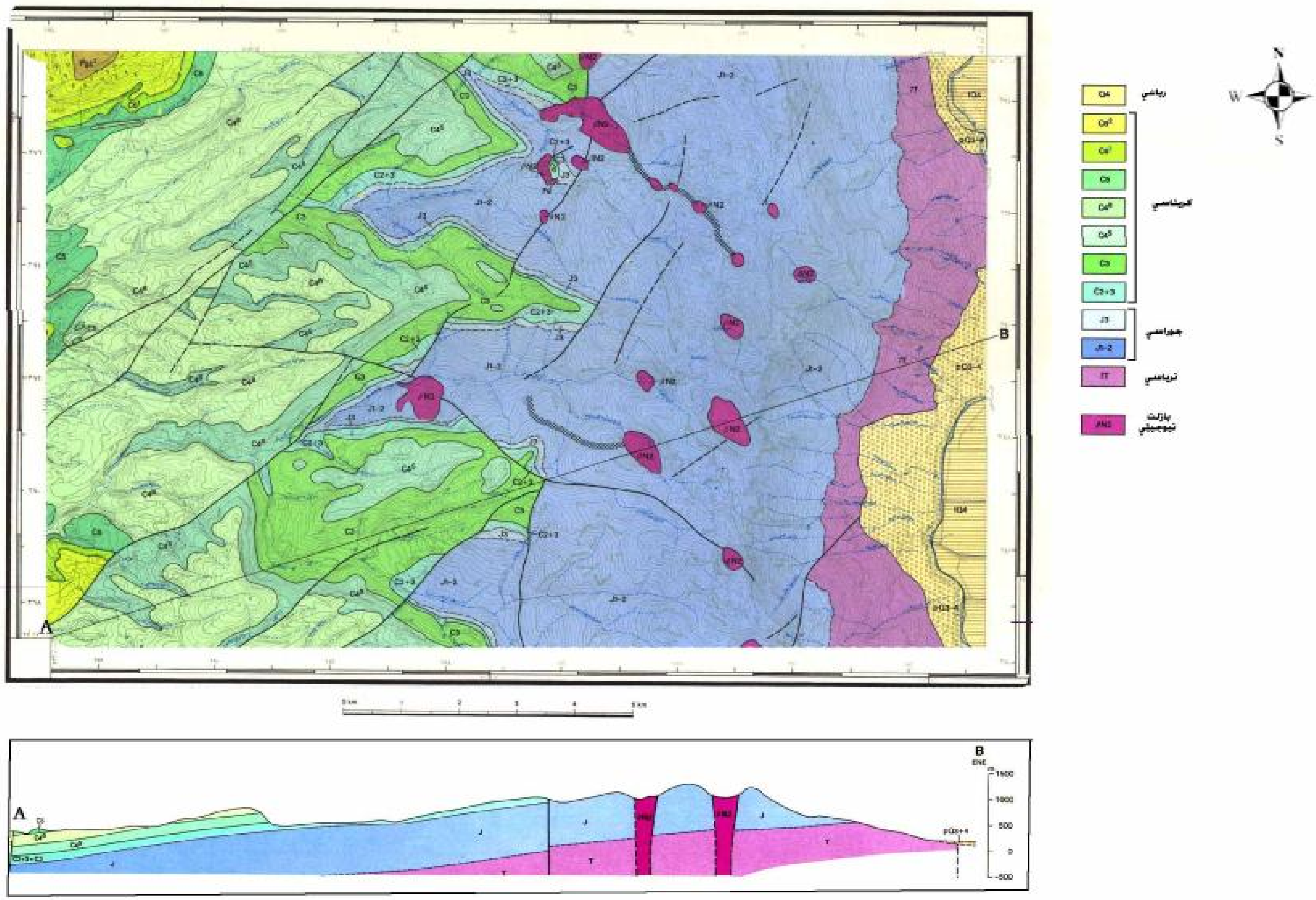
في منطقة جوبة برغال تظهر ثلاث صبات بركانية بين التوضعات الجوراسية تعرضت اثنتان من هذه الصبات الثلاث للحت و شكلت منخفضاً عميقاً، وتتألف صخور هذه الصبات من البازلت و الدياباز المختلط بكسارات من الصخور الكلسية كذلك من البريشيا البازلتية تتراوح أبعاد كساراتها ما بين (١٠_٣٠سم) يربطها ملاط كلسي وهي تعود لطابق الجوراسي الأوسط _ الكريتاسي الأدنى.

١-٣-٣ - الكريتاسي:

تعتبر توضعات الكريتاسي أكثر التوضعات انتشاراً في المنطقة المدروسة حيث تنتشـــر صخورها الكلسية و الدولوميتية و المارنية بشكل واسع.(معطي وآخرون،١٩٨٢)

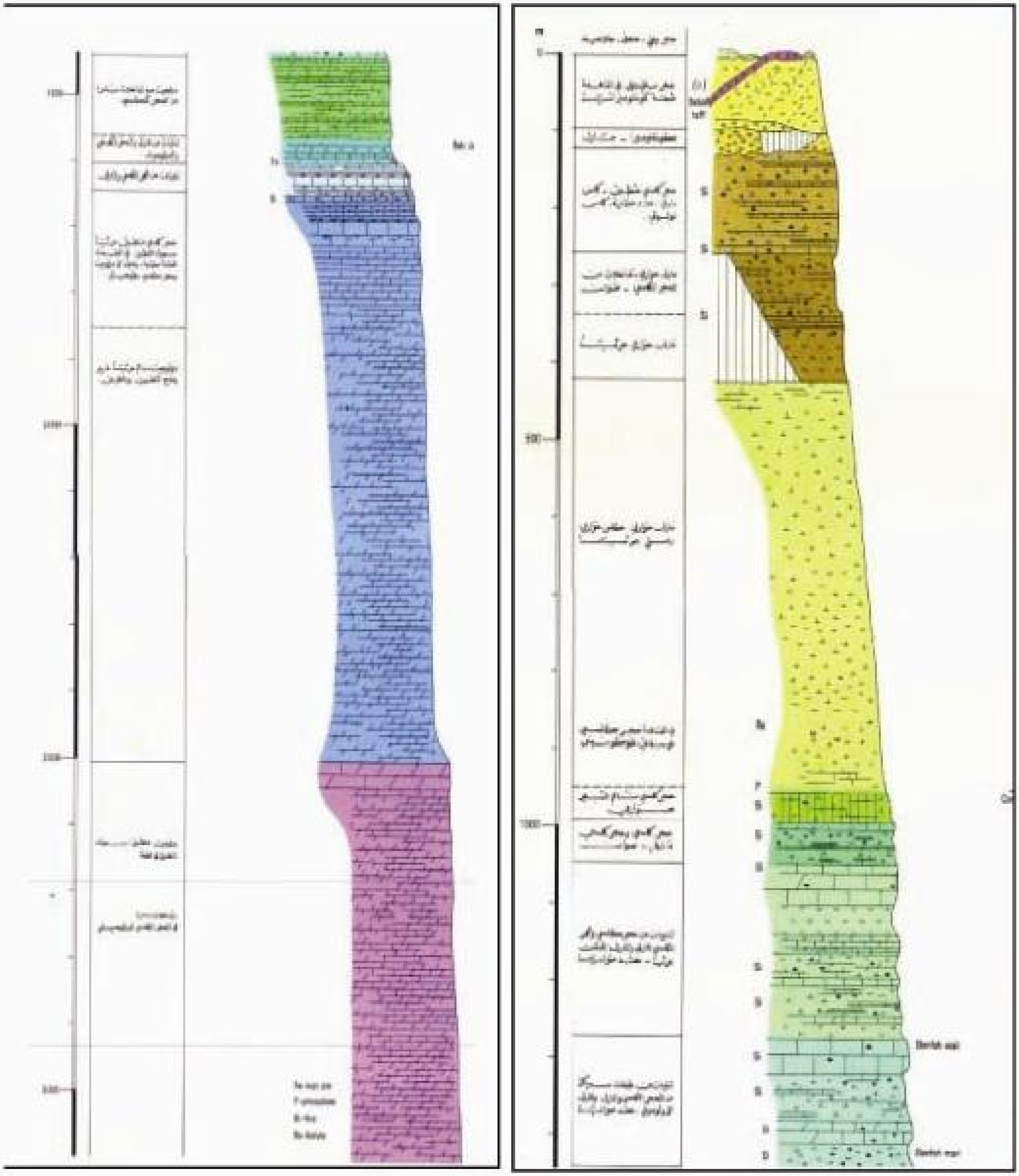
قسمت الدراسات الحديثة التي أجريت لإعداد الخريطة الجيولوجيـــة بقيـــاس ١/٥٠٠٠٠ من قبل المؤسسة العامة للجيولوجيا_ رسوبيات الكريتاسي إلـــى تشـــكيلات ليتوســـتراتغرافية وبيوستراتيغرافية كما يلي (المذكرة الإيضاحية لرقعة القرداحة – المؤسسة العامة للجيولوجيـــا والثروة المعدنية، ١٩٧٧)

– تشكيلة باب جنة	من الأبسيان إلى الألبيان
– تشكيلة عين البيضة	ألبيان
– تشكيلة صلنفة	سينومانيان أدنى إلى أوسط
– تشكيلة باب عبد الله	سينومانيان أوسط إلى الأعلى
– التورونيان	
– السينونيان الأدنى	كونياسيان _ سانتونيان
– السينونيان الأعلى	ماستريختيان أدنى إلى أعلى



الشكل(١ - ٥) خارطة جيولوجية (رقعة القرداحة ١/٥٠٠٠٠ المؤسسة العامة للجيولوجيا ، ١٩٧٨)

مقطع جيولوجي بين النقطتين A و B



الشكل (١-٦) المقطع الليتوستراتيغرافي لمنطقة الدراسة

١-٣-٣-١- الأبسيان _ ألبيان:

تتوضع صخوره على صخور الحجر الكلسي الجوراسي و تتألف صخوره مـن الحجـر الكلسي والدولوميت ذي الحبيبات الناعمة و طبيقات من المواد الغضارية تتوج القسم الأعلـى من الطابق طبيقات من المارل (أصفر مبيض) وفي قسمه السفلي حجر كلسـي دولـوميتي متناوب مع طبيقات من الغضار المخضر وفي المنطقة شرق مدينة القرداحة يتوضع في قاعدة الأبسيان طبيقات من الكونغلوميرا والحصى والتي تعتبر الحد الفاصل بين الجوراسي الأعلـى والكريتاسي، و تبلغ سماكة هذا الطابق (١٠٠ _ ١٤٠ م).

لا يمكن ملاحظة وجود مقطع يتألف بشكل رئيسي من الحجر الكلسي في منطقة خارطـة القرداحة. لذلك تعتبر دراسة المستحاثات المجهرية غير ممكنة وفي كثير من التكشفات يمكننـا رؤية طبقات من الحجر الكلسي الدولوميتي أو الحطامي يحوي على: (Eoradiolite Lyratus). وقد تم العثور على طبقة اوستريا في أعلى التشكيلة بسماكة ٢م ويمكن تمييزها في كل التكشفات.

تم جمع المستحاثات التاليـة فـي التشـكيلة: Eoradiolites lyratus CONRAD, Turbo Morelli FRAAS, Nerinea cochlaeformis CONRAD, Orbitolin sp. Gastropodae, Ostrea sp.

استناداً إلى الدراسات الميكروباليونتولوجية التي قام بها سان مـارك عـام ١٩٧٧ فـي المناطق المجاورة لمنطقة صلنفة تعتبر تشكيلة عين البيضة مماثلة للألبيان. وتتراوح سـماكة التشكيلة من ١١٠- ١٢٠م.

١-٣-٣- ٢- السينومانيان:

تتوضع صخوره على صخور الدولوميت و الحجر الكلسـي العائـد للألبيـان وتتـألف صخوره من طبقات سميكة من الحجر الكلسي المنخرب و الدولوميت ذي اللون الرمادي مـع

انتشار عقد صوانية يتوضع أعلاها الحجر الكلسي الكتلي كما ينتشر المارل الرمادي و الفاتح ضمن هذه التوضعات.

تمتاز تشكيلات السينومانيان الكلسية و الدولوميتية بانتشار الشقوق الكبيرة و الفجوات و التجاويف الكارستية و خاصة على السطوح و تحتها كما تمتاز الكتل الضخمة بوجود فواصل، وتبلغ سماكة هذا الطابق بمنطقة القرداحة (٤٢٠ م).

١-٣-٣- ٣ - التورونيان:

يميز صخور التورونيان المارل والحجر الكلسي المارلي الأبيض الناعم والرقيق التطبق وقسمت رسوبيات التورونيان إلى مجموعتين مختلفتين ليتولوجياً:

- مجموعة سفلى مؤلفة من المارل الكلسي والمارل.
- مجموعة عليا مؤلفة من طبقات سميكة من الحجر الكلسي العضوي.

مستحاثات طبقات التورونيان: (المجموعة السفلى): Thomasites Rollandi THOMAS & PERON, Pseudospidoceras paganum REYMENT, Leoniceras alauitensis BASSE, Broggiiceras olssoni BENEVID.

(المجموعة العليا): Hippurites resectus DEFR., Radiolites sp., Nerinea cochlaeaformis CONRAD.

الأماكن المهمة التي تظهر فيها مستحاثات التورونيان:

الأمونيت- ١,٥كم شمال شرق القرداحة، ١,٥كم غرب عين الشرقية، الهبيوريتس ريسكتوس ٠,٧كم شمال شرق القرداحة ١,٢ كم غرب البودي وفي الوادي الواقع ٣كم شمال غرب عين الشرقية.

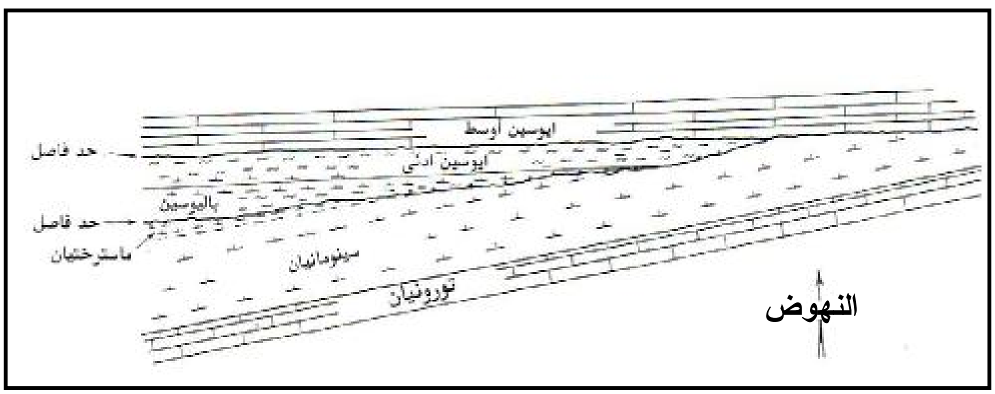
إن المظاهر الليتولوجية للتورونيان المتكشفة في المناطق الساحلية متشابهة مع بعضها البعض عدا مكان واحد يقع شمال السلسلة.تتروح سماكة التورونيان من ٦٥- ٨٠ م.

١-٣-٣- ٤ - الماستريخت:

تغطي توضعات الماستريخت الكلسية المارلية بعدم توافق توضعات تورونيان، وسماكة هذا الطابق متغيرة و تصل في المنطقة ما بين القرداحة و السن إلى (٣١٠ م).وتزيد في بعض المناطق عن ٦٠٠ م.

١-٣-٤- الباليوجين:

تتوضع توضعات الباليوجين بعدم توافق مع توضعات الماستريختيان وهي ذات سماكات قليلة جداً تكاد أن تكون مهملة في منطقة الدراسة نذكر منها توضعات الإيوسين الأوسط حيث تتألف توضعاته في المنطقة من حجر كلسي نموليتي قاسي و يتوضع بعدم توافق مع توضعات الإيوسين الأسفل كما ينتشر الحجر الكلسي الكتلي بسماكات متوسطة وتتراوح سماكة هذا الطابق (٢٥ _ ١٥٠ م) الشكل (١-٧).



الشكل (١ – ٧) مخطط التماس بين السينومانيان والباليوجين في منطقة القرداحة

(المؤسسة العامة للجيولوجيا ، ١٩٧٨)

١-٣-٥- النيوجين:

هي عبارة عن توضعات غضارية مارنية ذات سماكات كبيرة إلا أن انتشاراتها في منطقة الدراسة قليلة جداً باستثناء الاندفاعات البازلتية المنتشرة في مناطق الدولينات.

١-٣-٦- الرباعي:

الرباعيات في منطقة الدراسة عبارة عــن (proluvial) لحقيــات حطاميــة مــن ركــام المنحدرات تتوضع في منطقة الدراسة وفي بعض الأودية تتحول إلى طبقات لحقيــة نهريــة (proluvium) متغيرة السماكة، تتوضع أحياناً على شكل أقماع من ركــام المنحــدرات عنــد قاعدة هذه الجبال.

١-٤ – الهيدرولوجيا و الهيدروجيولوجيا:

١-٤-١- المناخ:

تخضع المنطقة كما أسلفنا إلى مناخ متوسطي شتاءً معتدل إلى بارد وحارّ صيفاً جافّ في أعالي الجبال،يمتد فصل الصيف في المنطقة من نهاية نيسان حتى نهاية شهر تشــرين الأول يسيطر على المنطقة خلال مواسم الجفاف رياح جنوبية غربية .

الإشعاع الشمسي في المنطقة الساحلية والجبلية منها أقل من الإشعاع الشمسي فــي المنــاطق الداخلية وهذا ما يفسر ارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء والتغييم الكبير في المنطقة .

أما ما يتعلّق بمعدل درجات الحرارة السّنوية فهي (١٢-١٤م ْ) في محطتي صــلنفة و جوبــة البرغال حيث يبلغ معدل أدنى درجة (٣ مئوية) في الشهر الأول و معدّل أعلى درجــة هــو (٢٠,٢) مْ في الشهر الثامن.

تتناقص درجة حرارة الهواء مع ازدياد الارتفاع بمعدل (٠,٦مْ لكل مئة متر) .

يتشكل الصقيع في المنطقة الجبلية المدروسة خلال ٢٣ يوم كحد أدنى و٧٦ يوم كحد وسطي.

تتراوح الرطوبة النسبية في المناطق الجبلية التي تزيد عن (٥٠٠ م) ما بــين(٧٨ – ٨٣ %) ولا تنخفض في أي شهر عن(٦٠%).

يتراوح الهطول في المنطقة المدروسة ما بين (٨٠٠-١٣٠٠ملم/سنة) موزعة وفق النسب التالية (من خلال المراقبة):

من ٦٠-٥٥% من إجمالي الهطول تهطل شتاءً.

من ٢٥-٢٠% من إجمالي الهطول تهطل ربيعاً.

من ٢٥-١٥%من إجمالي الهطول تهطل خريفاً.

من ٢-٠,٥% من إجمالي الهطول تهطل صيفاً.

تتراوح مدة الغطاء الثلجي في المناطق الجبلية المرتفعة من (٧٠٠-١٣٠٠م) ما بين (١٠-٢٠يوم) وبسماكة تصل حتى (١٠٠سم) وذلك من خلال المراقبات الدولية وهذا ما يزيد من معدلات الهطول والتغذية الجوفية .

تسود المنطقة رياح غربية بينما تتعرض المنطقة إلى رياح شرقية اعتباراً من تشرين الثاني وحتى شباط ، يبلغ متوسط سرعة الرياح (٤-٥ م/ثا) شتاءً و(٣-٤ م/ثا) صيفاً وتصل في بعض الحالات سرعة الرياح إلى (٢٥-٣٠ م/ثا).

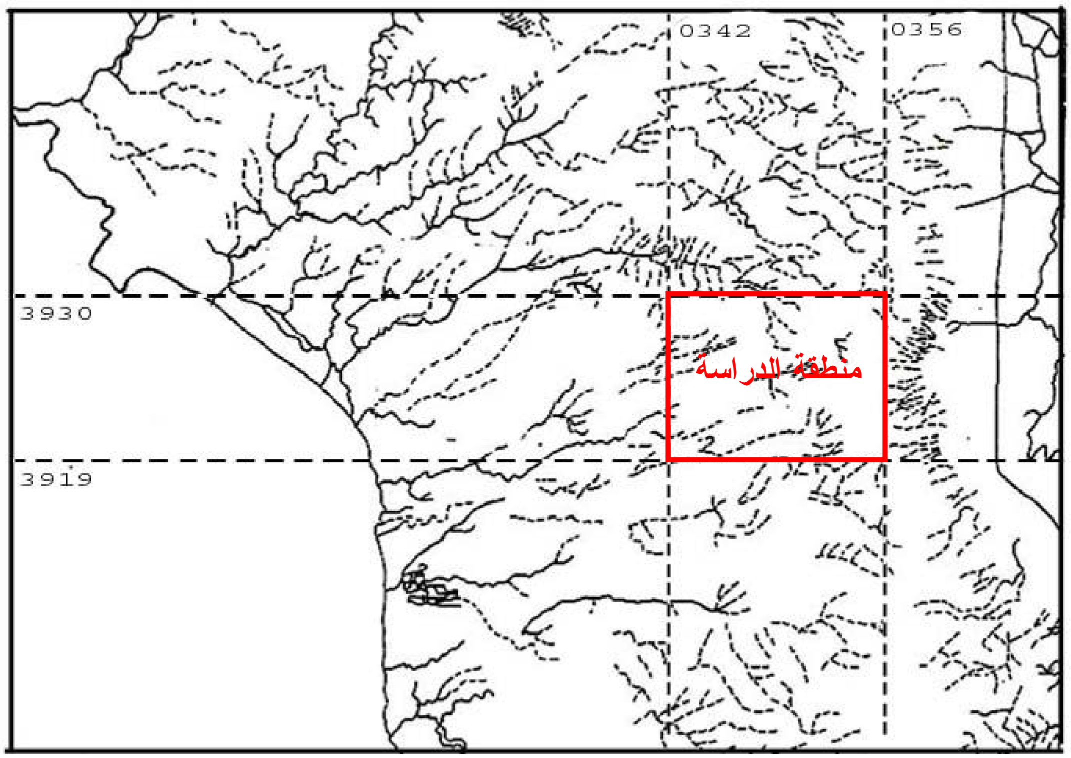
١-٤ – ٢ – الهيدرولوجيا:

نظراً للتهطال العالي نسبيّا تخترق المنطقة مجموعة من المسيلات المائية حيث يعتبر معدّل شبكة هذه المسيلات عالياً إذ يصل إلى (٠,٥ كم / كم^{٢}) وانطلاقاً من المخطط الطّبوغرافي وضعت للمنطقة مخططات المسيلات المائية، يتّضح أنّ هذه المسيلات يسيطر عليها اتّجاه شمال شرق جنوب غرب وهي من النّمط الموازي (Bilal and ammar 2002). شكل (١ – ٨).

أهمّ الأنهار في المنطقة المدروسة نهر القرداحة الذي ينبع من السّفوح الغربية لجبال المنطقة السّاحلية (جبال منطقة القرداحة) على ارتفاع (١١٠٠ م) عن سطح البحر. وكذلك نهر الشّحادة الذي ينبع من السلسلة الجبليّة وعلى ارتفاع أكثر من (١٠٠٠ م) يلتقي النّهران في

منطقة الديرونة جنوب غرب القرداحة حيث تمّ انشاء سدّ السّفرقيّة ، الجريـــان موســـمي فـــي هـــذه الأنهار ولا تجري المياه في النّهرين إلا في الهطولات المطرية لأكثـــر مـــن (٢٥ ملـــم / يـــوم) ، تختفي مياه النّهرين في التّشكيلات الكلسية الحوارية المشكّلة لمجرى النّهرين نتيجة انتشـــار الشّـــقوق والتّكهّفات والأقنية الكارستيّة لتشارك في تغذية الحوامل المائيّة الجوفية لنبع السنّ وسواه.

تنتشر في بعض الأودية بعض الينابيع الغزيرة شتاءً والتي تقلّ تصاريفها بشكل كبير في فصل الصّيف وكانت في وقت من الأوقات مصدراً لمياه الشّرب للتّجمّعات السّكنية.



الشكل (١-٨) مخطط المسيلات المائية

حسب الخارطة الطبوغرافية (بلال، ٢٠٠٢)

إن مجمل هذه العوامل الهدرولوجية و المناخية وعوامل أخرى إضافة للوضع الجيولوجي وخاصة تواجد عدد كبير من الفوالق التكتونية إضافة إلى الكارست تشكل الظروف الملائمة للتبادل المائي القوي بين السطح والجو.

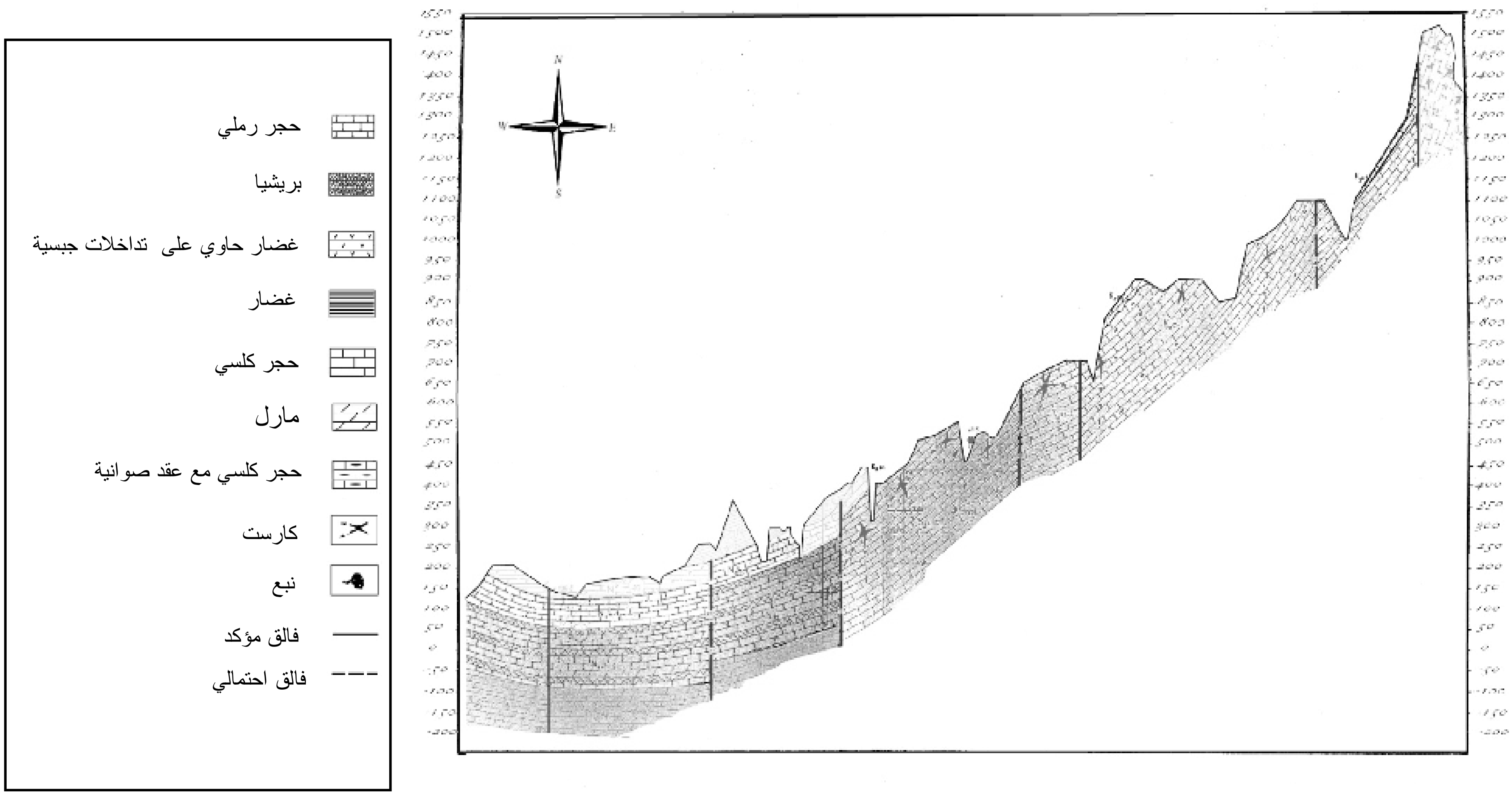
١-٤-٣- الهيدروجيولوجيا:

هناك مجموعة من الحوامل المائية للتوضعات المائية الأساسيّة في المنطقة نوجزها فيما يلي الشكل (١-٩).

١ـ توضعات الجوراسي (J_3-J_2) :

تشغل توضعات الجوراسي الأوسط و الأعلى المؤلفة من الحجر الكلسي و الدولوميتي منطقة الجبال العالية في المنطقة المدروسة من منسوب (٨٠٠-١٥٠٠م) وهي تبدو على السطح مشققة وكارستية بشدة ولهذا فإن معظم الهاطل المطري والغطاء الثلجي يتسرب إلى الجوف ، تتم حركة المياه الجوفية باتجاهين: الاتجاه الأول نحو الشرق إلى الغاب و الاتجاه الثاني نحو السفوح الغربية إلى البحر حيث يشترك في نظام هيدروليكي مع مياه تشكيلات الكريتاسي لتتفجر في ينابيع كبيرة كنبع السن أو في البحر (المياه العذبة تحت البحرية).

من خلال المسح الهيدروجيولوجي تم رصد عدد من الينابيع الصغيرة في تشكيلات الجوراسي تتفجر من الشقوق الكهوف الكارستية على التماس مع الطبقات الغضارية كالنبع الكارستي الزرودة.



الشّكل (١ – ٩) مقطع هيدروجيولوجي لمنطقة القرداحة

دراسة حوض السّاحل – غيبروفورد خوز السّوفييتيّة ١٩٧٩

٢ــ توضعات السينومانيان ــ تورونيان:

تنتشر توضعات هذه التشكيلة الحاملة للمياه على أكثر أراضي المنطقة المدروسة المؤلفة من صخور الحجر الكلسي الكارستي المشقق و الدولوميت و تتميز بنفوذية عالية نظراً لعدم وجود طبقات حاجزة للمياه في هذه المنطقة تتسرب المياه باتجاه الجوف إلى المناطق الساحلية وتوجد بعض الحواجز على أعماق حوالي(٣٠٠م).

تظهر بعض الينابيع الصغيرة في الوديان التي تنتشر فيها هــذه التشــكيلات علـــى ســـطوح غضارية مارنية تتراوح تصاريفها ما بين(٠,١-٣ل/ثا) تتم التغذيـــة مـــن الهاطـــل المطـــري والغطاء الثلجي واتجاه حركة المياه من الشرق باتجاه الغرب إلـــى البحـــر المتوســـط وأثنـــاء حركتها تصطدم بحواجز من توضعات البليوسين و الماستريخت وهذا ما يشكل انحرافاً وتغيراً في اتجاهها حيث تتفرغ في الشريط الساحلي على شكل ينابيع، أكبر هذه الينابيع والذي تشترك في تغذيته منطقة دراستنا هو نبع السن الذي يتفرغ في نطاق فالق السن وصخوره المؤلفة من الحجر الكلسي الكتلي العائد لتشكيلة الســينومانيان ــ تورونيـــان (C_4^B) علـــى تمـــاس مـــع غضاريات البليوسين، يبلغ متوسط تصريف نبع السن ١٣,٥ م^3/ ثا.

٣ – مياه الصبّات البازلتية $_2$ BN: وهي تمثّل الصّبات البازلتيـــة المنتشـــرة فـــي أراضـــي الجوب(الربند، الجمال ، الدّلبة ، البرغال) وتعود إلى البليوسين حيث تتكـــوّن مـــن البازلـــت المشقق والمخرّب عند السّطح ،تنفصل الصّبات بطبقات وعدسات من الغضار الأحمر، تعتبـــر سطوح البازلت المشققة والمخربة مساراً جيداً للمياه إلا أنّه بازديـــاد العمـــق تتنـــاقص هـــذه التّشقّقات وتقلّ إمكانية البازلت لتسرّب المياه لذا لا يمكن أن نعمّم معدّلات نفاذية ثابتـــة لهـــذه الصّبات بسبب عدم تجانس بنيتها.

تتمّ تغذية هذه الصّبات من الهاطل المطري والغطاء الثّلجي يظهر في بعض مواقـــع الصّـــبات ينابيع صغيرة (نبع جورة الرّبند) تصريفه ما بين (١ – ٣ ل / ثا)

الفصل الثاني

الكارست - مفهومه - مظاهره - خصائصه الفيزيا -كيميائية

يشكل هذا الفصل مقدمة للتعريف بمفهوم الكارست وتوزعه وأنماطه وآلية تشكله مـن خـلال الدراسات العالمية والمحلية على ندرتها.

٢-١- مقدمة:

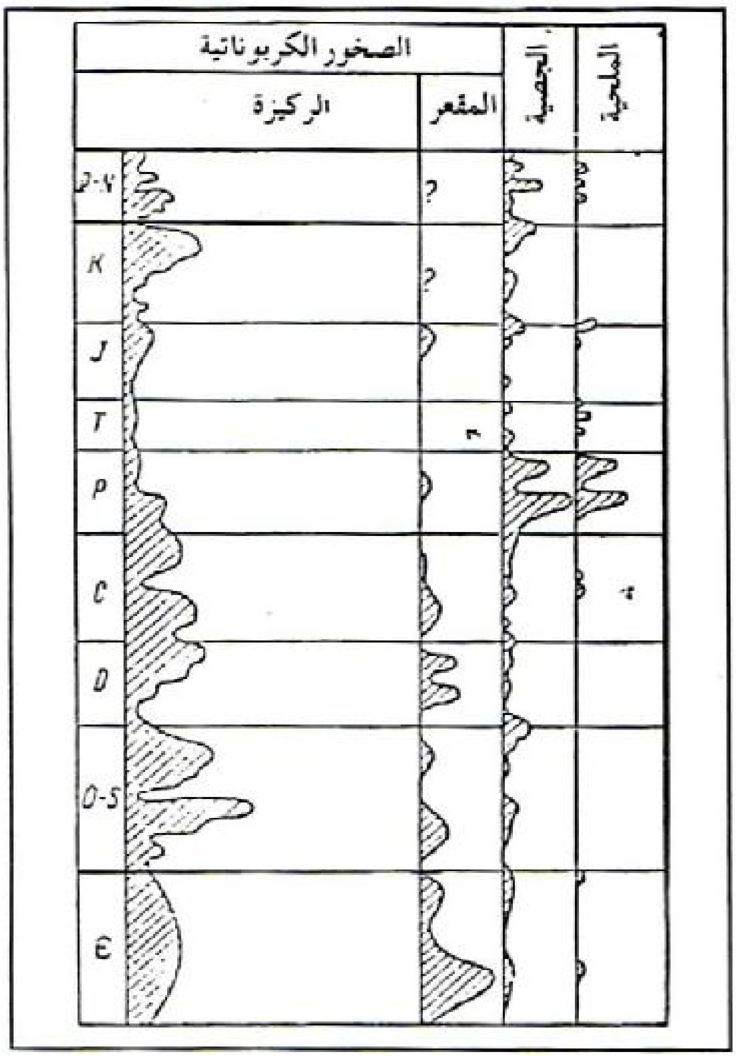
تثير عبارة الكارست مفهومان متعارضان أولهما مفرح يتمثل بتفجر الينابيع الجميلة ومنها نبـع السن إلى الجنوب من منطقة الدراسة ونبع الفيجة الأشهر في محافظة دمشق، وقد شكلت هـذه الينابيع في سورية وبلدان أخرى مراكز تجمع مدني وعمراني هامة. لكن بالمقابل هناك جانب سلبيّ للكارست ،حيث يمكن أن يشكل نقاط ضعف تهرب عبرها المسـطحات المائيـة خلـف السدود أو تشكل ركائز هشة للمنشآت مما يستوجب معالجتها بطرق خاصة ليصـبح صـالحاً لإقامة المنشآت المائية والعمرانية.

من المعروف أن المياه تقوم في المراحل المتأخرة من الدورة النهرية بحل الصخور مما يـنجم عنه مورفولوجية هامة تساهم في تآكل اليابسة وتشكل أشكال فريدة مميزة تعرف بالكارست.

وكلمة كارست هي مصطلح شامل أطلق على مناطق الحجر الكلسي و الـدولوميت التـي تتميز بطبوغرافية خاصة بها تعتمد على الانحلال في باطن الأرض و تحول المياه السـطحية إلى مجارٍ تحت الأرض. و قد اشتقت التسمية من هضبة كلسية تقع في يوغسلافيا تعرف باسـم كارست تعود توضعاتها إلى الجوراسي والكريتاسي والأقسام المجاورة في إيطاليا على بحـر الادرياتيكي حيث يوجد تركيز واضح لظواهر نتجت عن الانحلال تحت السطح. وعلى الرغم من أن الأشكال العامة لليابسة قد أخذت تسميتها من يوغسلافيا إلا أن جميع أسـماء الظـواهر الكارستية المنفردة لم تأت من هناك فكل قطر تقريباً له مجموعة من المصـطلحات الخاصـة بظواهر الكارست الغريبة.

٢-٢- توزع أهم مناطق الكارست عالمياً:

توجد مناطق الكارست المشهورة في مناطق تمتد فيها الأحجار الكلسية تحت السطح. ولــو أن الصخور تكون في بعض الأماكن من الدولوميت و الدولوميت الكلسي، وقد تتكون أشكال ناتجة عن انحلال صخور أخرى قابلة للانحلال مثل الجص و الحجر الملحي إلا أنها بصورة عامــة ليست بذات أهمية رئيسية و ذلك لصغر المساحة التي تشغلها هذه الصـــخور.شــكل (٢-١) ونظراً لكثرة وجود الأحجار الكلسية في الطبيعة فمن المتوقع أيضـــاً أن تنتشـــر طبوغرافيـــة الكارست انتشاراً واسعاً. و ينحصر التكون التام لمعالم الكارست في عدد صـــغير نســـبياً مـــن المناطق وذلك على الرغم من انتشار الأحجار الكلسية على نطاق واسع.



الشكل (٢-١) شكل تخطيطي يوضح التوزع الستراتيغرافي للتوضعات الصخرية القابلة لانتشار الكارست فيها (ماكسيموفيتش ١٩٦٣ – ١٩٦٩)

توجد معالم كارست مهمة في مناطق كثيرة من العالم فهي توجد في أمريكـا وفرنسـا وفـي إسبانيا والمكسيك وجامايكا وغرب كوبا وأواسط غينيا الجديدة وجنوب شـرق آسـيا وغـرب استراليا وفي المناطق المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط وفي جبال أورال في الاتحاد السوفيتي وجزيرة القرم، وشاقولياً فإن الكارست ينتشر في توضعات الجوراسـي والكريتاسـي بشـكل رئيسي. (Skaloof 1962 , Marchamd 1992, Audra 1994, Youssef 2008).

ولا تُظْهِر أي من المناطق السابقة جميع أشكال الكارست المحتملة و ذلـك لأن طبوغرافيـة الكارست تظهر أوجها مختلفة تبعاً لاختلاف تركيب الصخور والبنية وارتفاع مسـتوى الميـاه الباطنية و المناخ السائد. و يظهر ذلك واضحاً في بعض الاختلافـات الهامـة بـين أشـكال الكارست المدارية و تلك الموجودة في العروض الوسطى.

و بالإضافة إلى المناطق التي ورد ذكرها هناك مناطق لا تحصى فيها معالم للكارسـت إلا أنهـا لا تسود ظواهر السطح . و قد يعود ذلك إلى فتوة طبوغرافية الكارست.و لكن ذلك يعـزى إلـى عـدم وجود عامل أو أكثر من العوامل التي يشترط وجودها لتكون الكارست بشكل مثالي فمن المتوقـع أن يحدث الانحلال حيثما توجد صخور قابلة للانحلال مثل الحجـر الكلسـي و الـدولوميت و الملـح و الجص تحت سطح الأرض و تتكون المغارات، و لكن الكهوف بحـد ذاتهـا لا تشـكل طبوغرافيـة الكارست مثال ذلك مغارة كارلسباد في نيومكسيكو والإقليم الحواري في انكلترا وفرنسا.

٢-٣- الظروف الأساسية لتشكل الكارست وخواصّه وتطوّره:

نوجز فيما يلي الظّروف الملائمة لتشكّل الكارست ومراحل تطوّره والخواصّ التي يتميّز بها:

٢ – ٣ - ١ – ظروف تشكّل الكارست:

يتطلب تشكّل الكارست توفر مجموعة من الظروف الجيولوجية والمناخية بحيث تساعد على بلوغ الكارست أقصى تطور له ويمكن إيجاز هذه الظروف بما يلي: (سكالوف ، ١٩٦٢)

- وجود صخر قابل للانحلال في المنطقة أو بالقرب من السطح و الأفضل أن يكون صخراً كلسياً. و قد يكفي وجود الدولوميت و لكنه ليس سريع الانحلال كالحجر الكلسي، أما الحوار فعلى الرغم من أنه قابل للانحلال لكنه يسمح برشح الماء من كتلته مما لا يساهم في تشكل الكارست.
- يجب أن يكون الصخر القابل للانحلال كثيفاً كثير الفواصل ، ويفضل أن يكون ناعم التطبق وهذا يعد من أكثر العوامل المهمة في تطور الكارست، فإذا كان الصخر كثير المسام ونفوذاً فإن مياه الأمطار سوف ترشح من خلاله كله وتنتقل من جسم الصخر بأجمعه أكثر مما تتركز على طول خطوط محددة للحركة ولعل هذا يعتبر سبباً رئيسياً لضعف تطور الكارست في الإقليم الحواري.
- وجود أودية عميقة تحت المناطق المرتفعة التي ترتكز على صخور قابلة للانحلال ذات فواصل كثيرة. و تساعد هذه الحالة على حركة المياه الباطنية حركة سريعة نحو الأسفل في الصخر. و يصبح الانحلال في الصخور الكلسية مهماً عندما تعمل الصخور كقنوات لحركة المياه الباطنية منها، وتعتبر دورة الماء الجيدة شرطاً مسبقاً أساسياً، فالماء المتحرك يديم الانحلال بينما الماء الراكد لا يساعد على ذلك.
- يجب أن تكون المنطقة ذات تهطال معتدل على الأقل فمن المهم أن تتميز جميع أقاليم الكارست الشهيرة بكميات أمطار تتراوح بين المعتدلة إلى الكثيرة لذا فإن الأقاليم الجافة و شبه الجافة لا تظهر تطوراً واضحاً للكارست، وإن أحسن تفسير لمعالم الكارست الموجودة فيها هو أنها معالم قديمة تكونت أثناء فترات مناخية أكثر رطوبة.

٢ – ٣ – ٢ – خواصّ الكارست :

تتباين خواص الكارست في ضوء التركيب الصخري، البنية ، المناخ، والمرحلة التي بلغتها دورة الكارست وفيما يلي أمثلة عن هذا التباين:

§ تكوّن الكارست في منطقة انديانا _ كنتكي في أميركا على صخور كلسية كثيرة الشـقوق و الفواصل و ذات طبقات رقيقة و ميل لطيف وقد عمقت الأنهار الرئيسية وديانها فـي المنطقة دون مستوى سطح الحجر الكلسي و ترتب عن ذلك انخفاض مسـتوى الميـاه الباطنية و تحولت المياه السطحية إلى مجاري باطنية بسهولة و بالتالي كثـرت الحفـر الغائرة (النقرات) والأنهار الغائرة وينابيع الكارست والكهوف ويقع الكثير من هـذه الكهوف عند مستوى المياه الباطنية إلا أن بعضها يظهر فيها مجاري متروكة تقع فـي مستوى أعلى من ذلك لذا تكون جافة في الوقت الحاضر ما عدا قطرات الماء الساقطة من سقوفها.

§ أما في فلوريدا فقد تكون الكارست نتيجة لارتفاع مستوى المياه الباطنية و تكثر في هـذه المنطقة الحفر الغائرة وأحواض الحفر و البحيرات في حين تقل الأنهار الغـائرة فيهـا وذلك لأن مجاري الأنهار عموماً لم تعمق إلى مستوى أخفض من مسـتوى الصـخور الكلسية كما لا يكثر وجود الكهوف الجافة فيها و لكن الكثير منها لا يزال في مراحـل تكونه الأولى نتيجة لاستمرار الانحلال تحت مستوى المياه الباطنية و الكارسـت هنـا أكثر شباباً من منطقة أنديانا _ كنتكي.

§ ويختلف الكارست في منطقة الأوزارك نوعاً ما في خواصه فعلى الـرغم مـن وجـود الصخور الكلسية هنا فإن مظاهر السطح الناتجة من الانحلال بفعل المياه الباطنيـة لا تظهر بوضوح وبالرغم من وجود الكهوف و الينابيع الكارستية المتعددة فـي المنطقـة

ولكن لا يمكن اعتبار المنطقة كسهل كارستي جيد، ويظهر أن ذلــك يــرتبط بوجــود الصوان في صخور ميسورى الكلسية وفي الدولوميت فقد تعرض الصوان للتجوية إلى درجة أصبح يشكل غطاء فوق السطح وسد أخيراً الأودية النهريــة تمامــاً و يتــراوح سمكه في بعض المناطق بين (١٠٠–١٥٠ قدم) وهذا الغطاء المسامي ســبب نفوذيــة كلية بحيث قلل من جريان الأنهار التي تنتهي إلى حفر الابــتلاع ولا يعنــي هــذا أن المنطقة تفتقر إلى الحفر الغائرة وحفر الابتلاع ولكن غطاء الصــوان يحجبهــا علــى الأكثر.

- إن كارست هضبة تكساس لا يزال في مرحلة الشباب إذ لم يمض سوى وقــت قصــير منذ أزيل غطاء رواسب العصر الثلاثي المائية التي امتدت عبر المنطقــة و لــم يكــن هناك وقت كافٍ لتشكل طبوغرافية كارست ناضجة و لعل ظروف المناخ شبه الرطبة تعتبر سبباً آخر لحداثة خواصه فتوجد هنا الحفر الغائرة و الأنهــار الغــائرة وينــابيع الكارست على طول الوديان التي تقطع الهضبة و توجد بعض المغارات الأولية.

٢ – ٣ – ٣ – العوامل المؤثّرة في تطوّر الكارست:

يظهر تأثير المناخ على خواص مناطق الكارست بصورة واضحة في الاخــتلاف القــائم بين كارست العروض الوسطى و كارست المناطق المدارية الرطبة و يبــدو أن الاختلافــات بين الكارست في هذين الإقليمين المناخيين ترتبط بصورة رئيسية بغزارة الأمطــار و كثافــة النبات في المناطق المدارية الرطبة.إن كثرة الأمطار السنوية فــي المنــاطق الاســتوائية و الموسمية بالإضافة إلى كمية كبيرة من غاز ثاني أوكسيد الكربون الناتج عن تفســخ النبــات توضح حدوث ظاهرة الانحلال بسرعة ومع أن طبوغرافية كثير من المناطق فــي الجهــات المدارية الرطبة تتميز بوجود الدولينات إلا أن هناك مناطق تكون فيهــا الــدولينات ضــعيفة

التكون أو معدومة، ومن أكثر مظاهر الكارست المدارية وضوحاً هي التلال التي ترتفع فوق سطح الأرض و هي على نوعين: مخروط الكارست و برج الكارست ويتكون مخروط الكارست من تلال و منخفضات مخروطية متعاقبة و يعرف هذا النوع في جامايكا باسم (إقليم الحفر البالوعية) وتمتد التلال و الحفر امتداداً طولياً على طول الفواصل و الفوالق في حجر كلسي أبيض من أواخر الإيوسين إلى أوائل الميوسين و يبلغ طول هذه الحفر حوالي ميل و عمقها حوالي ٤٠٠ قدم، أما برج الكارست فيتكون من تلال ذات جوانب شديدة الانحدار حيث يتراوح انحدارها بين (٦٠ – ٩٠ ْ) و تفصل سهول لحقية مستوية بين الأبراج المنفردة عوضاً عن المنخفضات التي تفصل بين مخاريط الكارست السابقة و غالباً ما يغمر الماء هذه السهول اللحقية، ويبدو أن برج الكارست يتكون في المناطق التي تمتد فيها قيعان المنخفضات إلى مستوى المياه الباطنية، ويبدو أن الاختلاف بين مخروط الكارست و برج الكارست ترتبط بصورة رئيسية بالاختلافات الليتولوجية في الأحجار الكلسية التي تتكون عليها وتوجد في أواسط غينيا الجديدة أشكال مرتفعة ومنخفضة بصورة بارزة وتتداخل مع بعضها بصورة معقدة إلى درجة كبيرة فضلاً عن عدم انتظام شكلها لذلك سميت بكارست المتاهات (karst labyirth).

لقد جرت معظم دراسات الكارست في مناطق رطبة أو شبه الرطبة، أما مظاهر الكارست في المناطق الشديدة الجفاف و الشديدة البرودة فلم تحظ إلا بعناية قليلة و يرجع السبب في ذلك إلى عدم وجود مظاهر كارستية بارزة في أي من هاتين البيئتين و تعتبر مثل هذه الأشكال إن وجدت في المناطق الصحراوية كأشكال قديمة ترجع إلى وقت كان فيه المناخ أكثر رطوبة مما هو عليه الآن.

أما في المناطق القطبية و الشبه قطبية فمظاهر الكارست نادرة هناك ما عدا تأثيرات انحلال عفوية تشاهد على طول الفواصل و الشقوق، إلا أن التجمد الدائم يحد من التصريف الباطني الذي هو أهم شرط لتكون الكارست.

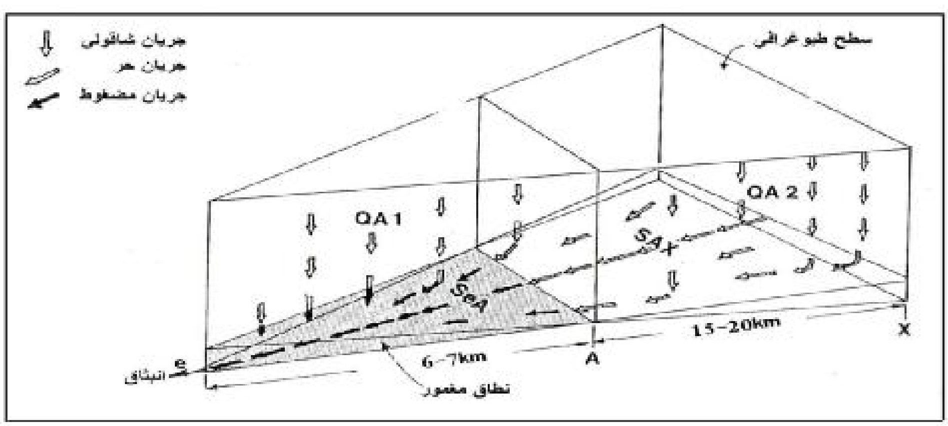
٢ - ٤ -آلية حدوث الكارست وتقدير درجته:

تتشكل الشبكة الكارستية نتيجة تضافر عمليات انحلال وترسيب وتخثر خلال مدة تطول أو تقصر وبسرعة متباينة تبعاً للبيئة. فهي ضعيفة في المناطق الصحراوية والجليدية وسريعة في المناطق الماطرة ذات النشاط المائي.

يشكل الانحلال العامل الأساسي في نشوء الكارست. تبدأ هذه العملية من السطح الخارجي الطبوغرافي وتنتهي عند تفجر النبع الكارستي. ويمكن التعبير عن ذلك بالمعادلة:

$$\mathbf{Caco_3 + H_2o + Co_2 \leftrightarrows Ca(Hco_3)_2}$$

إذ بتفاعل كربونات الكالسيوم مع الماء وغاز ثاني أوكسيد الكربون ينتج بيكربونات منحلة وهو ما يقود إلى تشكل الكارست بأشكاله المختلفة. ويوضح الشكل (٢-٢) نموذجاً ثلاثي الأبعاد لشبكة كارستية وعملها (المجلة الجيولوجية، ١٩٩٩).



الشكل (٢ – ٢) شكل تخطيطي ثلاثي الأبعاد يوضح شبكة كارستية وآلية عملها

(مجلة العلوم الجيولوجية، ١٩٩٩)

تعتبر عملية الانحلال برهان أساسي على الكارست ويظهر ذلك من محتوى مياه الينابيع الكارستية العالي بكربونات الكالسيوم والمغنيزيوم إذ يصل هذا المحتوى بشكل وسطي إلى (0.25 g/L). وهو المعادل لكمية 36000 طن كالسيت سنوياً في نبع كارستي تصريفه $6\ m^3/s$.

إن حل المياه الحاوية على غاز الكربون أو على حمض الكربون للصخور الكلسية المتشققة يسهل اختراق الماء وتشكل جميع مظاهر الكارست مثل: الآفين (أو ما يعرف باسم الهونة في سورية)، دولينات (أو جوبات في شمال الساحل السوري) ، وأنفاق ومغاور.......إلخ. فيعود الماء ليغذي جرياناً داخلياً معقداً أحياناً دون أن توجد طبقات حقيقية حاملة للماء. وكثيراً ما تنبثق هذه المياه على شكل ينابيع انبعاثية، أو فوكلوزية أو انبثاقية التي من أكثرها شهرة في سورية ولبنان: نبع رأس العين بغزارة ٣٤٠٠ ل/ثا، نبع الهرملرفي لبنان ونبع الفيجة بغزارة ٥٠٠٠ ل/ثا (موريه، ١٩٨٧).

تشير درجة الكارستية في الصخور إلى حجم الفراغات الناجمة عن الكارست بأنواعها المختلفة إلى حجم الصخر ويعبر عنها بالعلاقة:

$$K=v/V*100$$

حيث k درجة الكارستية ، v حجم الفراغات الكارستية ،V حجم الصخر. أما عامل النشاط الكارستي فيشير إلى شدة تطور العملية الكارستية ويحدد بأجزاء الواحدة لكل ألف سنة.

٢ - ٥ - المظاهر المميزة لمناطق الكارست:

يقدم الكارست نفسه من خلال مظاهر مميزة ومعروفة عالمياً. نستعرض فيما يلي أهم هذه المظاهر بإيجاز:

٢ - ٥ - ١ -التربة الحمراء terra rossa:

خلف الانحلال الناتج عن تغلغل المياه الجوفية على السطح أو بالقرب منه في الغالب تربة متبقية حمراء طينية وتسمى أيضاً غضار المغاور وهي بقايا انحلال الصخور الكلسية النقيـــة وقد تكون بلون أصفر نتيجة وجود الليمونيت ويسمى عندها الســـيديروليتيك. موريـــه ليـــون (١٩٨٧) الشكل (٢-٣).



الشكل (٢ – ٣) صورة للتربة الحمراء من منطقة صافيتا (يوسف، ٢٠٠٨)

وقد لا توجد هذه التربة على السفوح الشديدة الانحدار و لكنها توجد على ســـفوح معتدلـــة إلى قليلة الانحدار بصورة خاصة. وتتباين في سماكتها من بضعة أقدام إلى عشرات الأقـــدام كما قد تغطي سطح الصخر تماماً. ولا ينحصر وجودها بالأماكن المدارية و شـــبه المداريـــة فقط إذ يظهر أقصى امتداد لها شمالاً في جنوب قارة أوروبا و جنوب أنديانا.

٢ - ٥ - ٢ - اللابييز lapiés:

عندما تكون التضاريس المحلية كثيرة إلى حدٍّ ما تخلو سطوح الأحجار الكلسية من التربة الحمراء و يظهر سطحاً وعراً محفراً مثلماً و محززاً أطلق عليه اسم اللابييز و عندما تكون الثلوم صغيرة و متقاربة تسمى المنطقة باسم لابييز الأخاديد (nill lapiés) الشكل (٢ - ٤).

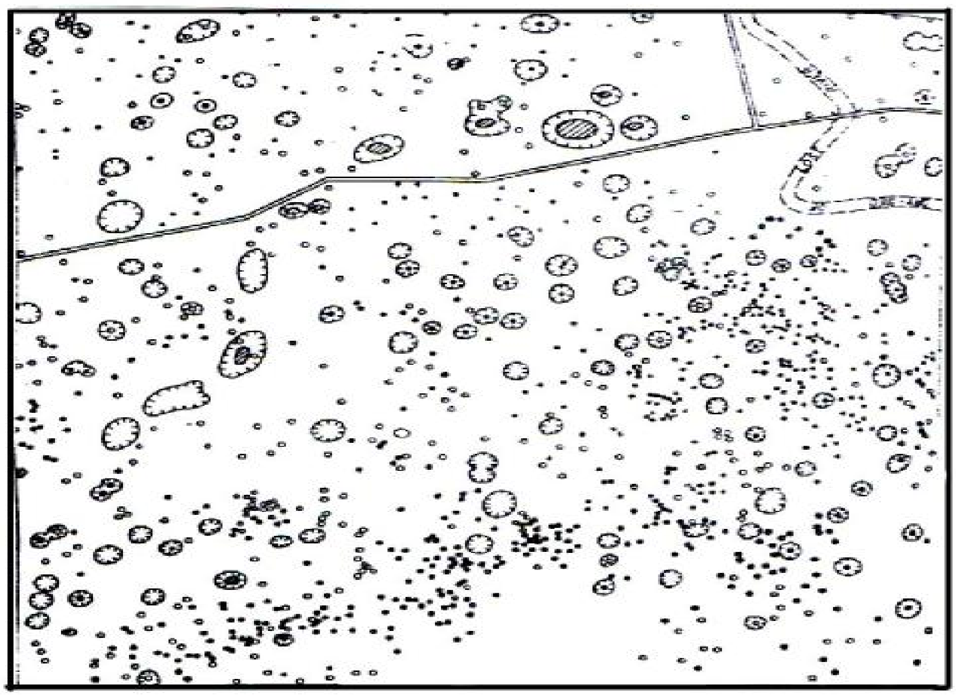


الشكل (٢ – ٤) صورة للابييز من منطقة صافيتا (يوسف، ٢٠٠٨)

٢ - ٥ - ٣ - الحفر الغائرة (النقرات) والأشكال المرافقة لها:

إن الحفر الغائرة من أكثر الأشكال الطبوغرافية وجوداً في أراضي الكارست، إذ توجد مئات الألوف منها في أي من مناطق الكارست الرئيسية، ومع أنه يمكن اعتبار النقرات شكلاً تضريسياً أساسياً لأراضي الكارست إلا أن هناك مناطق لا يظهر فيها إلا القليل منها أو ينعدم و جودها، و يصح هذا في بعض الأقاليم شبه الجافة و في مناطق ذات جريان سطحي. و تعتبر الحفر الغائرة طبوغرافياً بأنها عبارة عن منخفض يتباين عمقه من متر إلى ٣٠ متر أو

أكثر، ومع ذلك فإن عمق أكثرها يتراوح بين ٣ و ٩ متر و يتراوح قطرها بين ١ و٥٠ متـــر ومن النادر أن تصل إلى ١٠٠ متر أو تزيد عن ذلك. ومن أكثر أشكالها شيوعاً هو شكل قمعي ينفتح إلى الأعلى و لكن هناك كثير من الاختلافات عن هذا النوع الشكل (٢-٥).



دولينات ١٠٠ قدم أو أكثر طولاً وعمقها بين ١٠ – ٣٠ قدم

برك الحفر الغائرة

حفر غائرة صغيرة مع فتحات واضحة

حفر غائرة صغيرة بدون فتحات

الشكل (٢-٥) خارطة تبين عدد من الحفر الغائرة جنوب غرب

أوريليانز ــ انديانا (د. لميس مسالمة)

وتصنف بصورة أساسية كمايلي:

١. تلك التي تكونت ببطء نحو الأسفل بنتيجة الانحلال تحت غطاء التربة دون تغير فيزيـــائي للصخور و تسمى بحفر الانحلال (الدولينات) وهي كثيرة الشيوع.

٢. تلك التي تكونت نتيجة لانهيار الصخر فوق فجوة باطنية و تسمى بحفر الانهيار (الحفر الغائرة) (G.cvijic ,1960) .

تتكون في المناطق التي تكون فيها الصخور الكلسية أفقية أو ذات ميل معتدل أشكال كارستية تسمى بالحفر الغائرة و سهل الكارست. و يعمل هذا السهل كمنخل إقليمي حقيقي فيه آلاف من النقرات التي تشبه الأقماع تنقل المياه الجارية على السطح إلى مجاري باطنية. و تؤثر الحفر الغائرة إلى درجة كبيرة في جميع المياه الجارية على السطح بحيث لا تجري على السهل إلا بضعة أنهار فقط. و تستطيع الأنهار الكبيرة التي تنبع خارج المنطقة و تتعمق إلى ما دون السهل أن تفعل ذلك، إلا أن الأنهار الصغيرة تفقد مياهها عبر المجاري الباطنية و عندئذ يطلق عليها اسم الأنهار الغائرة. وتسمى النقطة التي ينتهي فيها كل واحد منها باسم البالوعة. تشكل الأنهار الغائرة مظهراً مهماً في أراضي الكارست بالنسبة لكل من الأشكال السطحية و تكون المغارات تحت سهل الحفر الغائرة وقد يبلغ طول المجرى الباطني الذي يتبعه النهر الغائر قبل ظهوره ثانية بضعة أميال، ويطلق على امتداد الوادي الذي لا يجري فيه الماء أو يجري مسافة قصيرة و الذي يقع دون النقطة التي يغور بها النهر اسم المجرى الجاف عندما تعجز حفر الابتلاع و الأنفاق الباطنية المتصلة بها عن أن تستوعب جميع المياه العاصفة يجري الماء في معظم المجاري الجافة أثناء فترات سقوط الأمطار بغزارة. يحدث في الغالب أن ينتهي الوادي إلى حفرة ابتلاع لمدة طويلة بحيث يحفر واديه باتجاه المنبع اعتباراً من الحفرة إلى ما دون سهل الكارست حتى ينتهي الوادي إلى حفرة الابتلاع ويطلق على مثل هذا الوادي اسم الوادي الأعمى و يضمحل الامتداد السطحي للوادي الجاف أسفل الحفرة لعدم استعماله مدة طويلة و يفقد خواص الوادي السطحي بالتدريج. وقد يصبح الوادي

الأعمى أثناء الفترات التي تجري فيها مياه العاصفة مكاناً لبحيرة وقتية نتيجة لعدم قدرة حفر الابتلاع على استيعاب حجم الماء المتزايد.

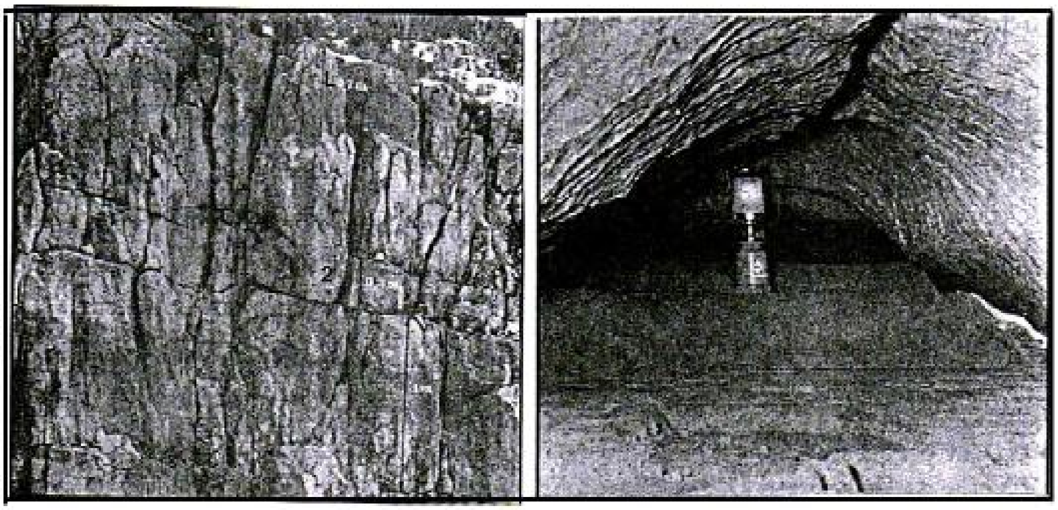
إن وادي الانحلال أو وادي الكارست هو نوع خاص من الوادي الأعمى . ويختلف عن الوادي الأعمى العادي من أنه لا يكون جزءاً من سهل كارست نموذجي و إنما هو على الأكثر محاطاً تماماً أو تقريباً بصخور تجمعية كونغلوميراتية ، وهو مظهر مهم من مظاهر الكارست و ذلك لأن تكونه يلقي ضوءاً على عملية توسع الأراضي الكلسية على حساب مناطق كانت تصرف مياهها بالأصل تصريفاً سطحياً وله خواص طبوغرافية تكونت بفعل الأنهار السطحية. إن ظهور مياه نهر غائر على السطح ثانية لهو من الظواهر التي تكثر في مناطق الكارست و بهذه الطريقة تتكون منابع ذات حجوم و مساحات متباينة و قد أطلق مصطلح المطلع أو إعادة التدفق على ظهور المياه السطحية ثانية التي سبقت أن تحولت إلى مجاري باطنية وتكون المطالع الكبيرة ارتوازية في خاصيتها و تنبثق من حفر مطلع شبه دائرية ذات حجم و عمق كبيرين و تختلف هذه الينابيع المنبثقة اختلافاً عظيماً في حجمها و صفاء مياهها، إذ يتناقص حجم مياهها و يبقى صافياً على الأكثر في الفترات الجافة و لكن في الفترات التي يزداد فيها تدفق الأنهار الغائرة، يزداد حجمها وتصبح مياهها عكرة نتيجة لسقوط أمطار غزيرة و ما يصاحب ذلك من إضافة كميات من الطين والغرين إليها.

٢-٥-٤- الأنفاق و الجسور الطبيعية:

يتكون النفق الطبيعي إما نتيجة لأسر نهري باطني نتج من تحول مياه سطحية من مستوى طبوغرافي أعلى على أحد جوانب الحافة إلى مستوى طبوغرافي أدنى على الجانب الآخر من الحافة و بهذه الطريقة تكون نهر ستوك الحالي الذي يجري خلال النفق الطبيعي في فرجبنيا. أو يتكون النفق الطبيعي نتيجة نشوء مقتطع باطني. ففي حالة النفق الطبيعي في فرجينيا يمكن

أنه تشكل بفعل نهر ستوك خلال الحافة التي يمتد تحتها النفق الطبيعي (شـــكل ٢ – ٦ – A). يؤدي انهيار سقف طبيعي إلى تناقص طوله بمرور الوقت حتى يوصف بصورة أصـــح بأنـــه جسر طبيعي و لما كانت الجسور الطبيعية تتكون بطرق عديدة فإنه منهـــا مـــا يتكـــون بفعـــل الانحلال الذي تحدثه المياه الباطنية يسمى بجسور الكارست فالجسر الطبيعـــي فـــي فرجينيـــا يستخدم كطريق بري عام.

A B



الشكل (٢-٦) شقوق كارستية شاقولية مع تكهفات ناجمة عن توسع الفواصل بين سطوح التطبق(A)

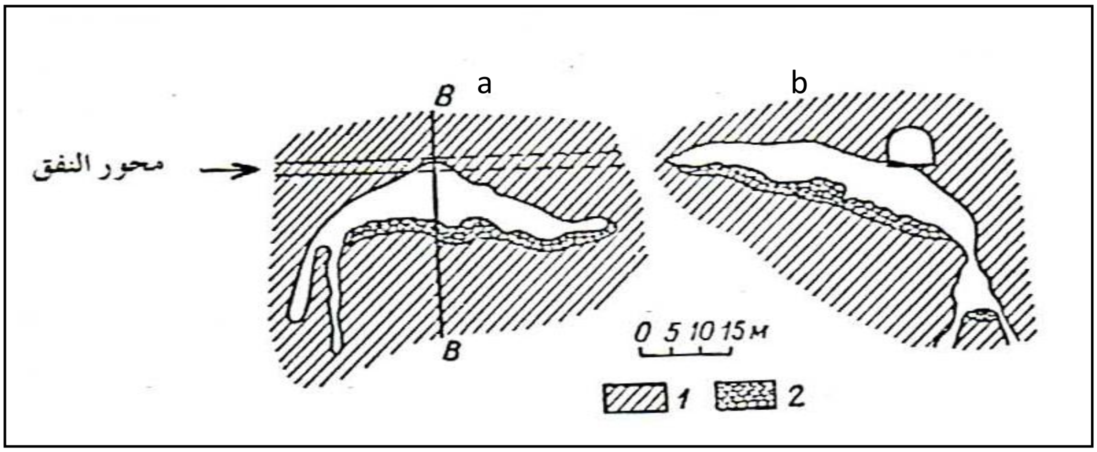
ونفق أفقي ناجم عن كارست الفواصل (B)

٢-٥-٥- بقايـــا الحـــت أو الـــتلال المعزولـــة:

تبقى في المراحل الأخيرة من إزالة الأراضي الكلسية تلال معزولة بفعل الانحلال و يشـــيع وجود مثل هذه التلال في منطقة الكارست في يوغسلافيا و تعرف بالشواهد الكلســـية و تميـــز مظاهر من هذا النوع كثيراً من مناطق الكارست المدارية بصورة خاصة .

٢-٥-٦ - المغارات أو الكهوف الكارستية و المظاهر التي تصاحبها:

تعرف المغارة أو الكهف بأنها طريق طبيعي باطني فارغ و قد تكون طرقه بسيطة أو أنها تتشعب بصورة معقدة و قد يمتد رأسياً أو أفقياً كما قد يحتل مستوى واحد أو أكثر و قد يشغله أو لا يشغله نهر في الوقت الحاضر الشكل (٢-٧).



a - مقطع على محور النفق

b - مقطع وفق المحور B B'

1 - حجر كلسي دولوميتي

2 - ركام متساقط من سقف الكهوف

الشكل (٢ – ٧) مغارة كارستية عبر نفق سكة الحديد بين مدينيتي روما ونابلوي

في ايطاليا في جبال مونت أوريو

وفي الغالب تتميز المغاور الجافة بمستويين أو أكثر لذلك قد يشار إليها بالكهوف الرواقية إذ عرفت مغارات لها خمس مستويات، وتبين الكهوف الصغيرة بشكل واضح على الأغلب بأن تكونها قد حدث على طول خطوط تتحكم فيها الفواصل و سطوح التطبق إلى حد كبير و هذه الفواصل و سطوح التطبق مظاهر منتظمة مجسمة توسعت بفعل انحلال تمايزي للمياه التي جرت فيها وفي الغالب يكون تحكم نظم الفواصل واضحاً بشكل بارز في نمط الكهف.

تبدي الكهوف أنواعاً من المظاهر الأساسية تضيف إلى جمالهـا و منفعتهـا و تلقـي ضوءاً على طريقة أصلها و تاريخها إن أكثر المظاهر بروزاً هي تجمعات كربونات الكالسيوم على السقف و الحيطان و يطلق على رواسب الكهوف الكلسية اسم ترافرتان الكهف، واقتـرح (Deves,1931) مصطلح حجر التقطر الذي يتقطر من سقف المغـارة و الأعمـدة النازلـة الممتدة نحو الأسفل و الأعمدة الصاعدة النامية نحو الأعلى و الأعمدة و المسـلات المتكونـة عندما تنمو الأشكال السابقة معاً و صخر التدفق الذي يصنعه الماء الجاري و صـخر الحافـة التي توجد حيث يطفح الماء من الأحواض.

وبالإضافة إلى الصواعد والنوازل و الأعمدة التي لا حدَّ لأشكالها وأحجامها فقد وجـد في أجزاء من بعض الكهوف أشكالاً تعرف بالأعمدة المائلة. ولا يكثر وجود مثل هذه الأعمـدة و ذلك لأن نموها على طول خطوط عمودية ليس بالضرورة فقد تنمو أجزائها المنفردة بصورة أفقية أو مائلة أو بشكل أقواس كما تنمو نحو الأسفل كذلك، أما كيف تقاوم هذه الأعمـدة تـأثير الجاذبية الأرضية فهذا أمر غير مفهوم تماماً ولكن أفضل تفسير لها هو أنها تتكـون عنـدما لا يتسرب الماء إلى الكهف بكمية كافية تساعد على تكون قطرات ساقطة أما إذا كان مقدار المـاء كافي بحيث يبقى السطح رطباً فإن نمو الأجزاء المنفردة من الأعمدة يعتمد عنـد ذلـك علـى الاتجاه العفوي لمحاور بلورات كربونات الكالسيوم.

هناك مظاهر أخرى أقل جمالاً من الترافرتان (الرواسب الكلسية) في الكهف فـلا تبـدي المغاور تناسقاً واضحاً إلا في بعض المغارة إذ بدلاً من ذلك تتسع و تصغر في حجمها بصورة متميزة وتوجد في كثير من الأحيان أكوام من الحطام الصخري على أرض المغارة وقد يحدث في بعض الكهوف تهدم جزئي للمغارة.

قد ترتبط بعض المغاور بممرات أو قنوات بسيطة ذات أرضية منبسطة نوعاً ما و تتكـــون هذه من توضعات غضارية و سيلتية وتدل هذه القيعان المحتوتة على أن الأنهار قد جرت فـــي وقت من الأوقات عبرها إذ يمكن مشاهدة مجاري الأنهار و ما يصاحبها من ضفاف طينيـــة و حواجز وفي بعض الأحيان توجد حصى و جلاميد من الحجر الرملي وصخور أخـــرى غيـــر كلسية ويبدو أن هذه الصخور قد دخلت المغارة عن طريق حفر الابتلاع السطحية التي اتصلت بأنهار المغارة و تدل الثلوم و التحززات في جوانب و أرض وسقف الكهـــوف علـــى الحـــت الميكانيكي و الكيميائي التي قامت به الأنهار الجارية في المغارة.

يمكن أن تقسم ممرات الكهوف إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

- الممرات التي تتبع الفواصل و الشقوق. (شكل ٢-٦- B)
- الممرات التي تتبع الحدود الفاصلة بين الطبقات.

و تعتبر مغارة جعيتا في لبنان من أهم الكهوف في المنطقة فتشاهد فيها ممرات و دروب و توضعات كارستية كلسية و صواعد و نوازل و أعمدة و يوجد في قاعها نهر جـــاري يقـــوم بعمليات الحت الكيميائي و الميكانيكي.

أما مغارة الضوايات في مشتى الحلو فهي كهف كارستي جاف كثير الدروب الضيقة الممرات وفيه جميع مظاهر الكهوف الكارستية.

لقد كان من المسلم به أن المغارات الكلسية تكونت بفعل الانحـــلال بواســـطة الميـــاه الجوفية و كانت الفكرة السائدة حسب (Deves,1930) تشمل عدة مراحل و أفكار منها:

- تتكون المغارات بشكل رئيسي فوق مستوى الماء الباطني بواسطة عمل المياه الســـطحية التي تحولت إلى الأسفل.

- إن الدورة قد تمتد دون مستوى المياه الباطنية و لكنها لا تعني بأن لهذا أهمية في تكـــون المغارة.
- تتحكم مستويات القاعدة المحلية للأنهار السطحية في عمق المغارة.
- توجه الشقوق و سطوح الانفصال إلى حد كبير اتجاهات امتداد المغارة.
- يساهم الحت الميكانيكي بشكل مهم في كبر المغارة.
- يمكن لمستوى المغارة أن يهبط إلى مستوى أخفض منه بالقدر الذي يســمح بــه الحــت الشاقولي للوديان السطحية وهذا يساعد على تكون عدة مستويات للمغارة.
- وبعد ترك مستوى المغارة يصبح تكــون رواســب الكهــف الكلســية عمليــة ســائدة.

لقد عارض(Deves 1930) الأفكار القائلة بأن المغارات تكونت فوق مســتوى الميــاه الباطنية بواسطة المياه السطحية التي غارت للأسفل وأن الدوران و الانحلال في مستوى يقل عن مستوى الماء ليس له أهمية وأن الحت الميكانيكي مهماً في كبر المغارة وتــنص نظريته التي سميت بنظرية الدورتين على أن الجزء الرئيسي من تكون المغارة يحــدث عن طريق الانحلال دون مستوى المياه الباطنية بواسطة المياه الجوفيــة ويعقــب ذلــك انخفاض مستوى المياه الباطنية و تصريف المغارات لمياهها وما ينتج عــن ذلــك مــن دخول المياه المحصورة بين مستوى المياه الباطنية وسطح الأرض إضافة إلــى الهــواء وفي خلال هذه الدورة تتشكل رواسب الكهوف الكلسية.

٢-٦- دورة الكارست الجيومورفولوجية:

تبدأ دورة الكارست بأحد الطريقين التاليين:

١. حركة نهوض (رفع) فوق مستوى القاعدة لمنطقة كلسية كان الحت المائي متقدم فيها.

٢. حركة نهوض منطقة تتكون من صخور مركبة توجد تحتها صخور كلسية فوق مستوى القاعدة الجديد.

تتصف المرحلة الأولى عادة بتكون أودية كارستية أو أودية انحلال، وعندما تكبر أودية الكارست على حساب منطقة الصخور المركبة يمكن أن تشاهد بداية سهل كارستي بما فيه من حفر غائرة ودولينات وحفر ابتلاع في المرحلة الثانية. وترتبط فكرة دورة الكارست ارتباطاً وثيقاً بدراسات جيفجيك فقد ميز أربعة مراحل في تطور الكارست، فسماها الشباب و النضج والنضج المتأخر و الهرم، وتبدأ مرحلة الشباب وفقاً لرأيه بتصريف سطحي إما على سطح أولي كلسي أو على سطح أجرد، وتتصف هذه المرحلة بتوسع كبير للتصريف الباطني وتميز اللابييز و الدولينات هذه المرحلة بصورة خاصة، في حين لا توجد فيها مغارات كبيرة، أما تصريفها فلم يكتمل بعد وتتميز مرحلة النضج بحد أقصى من التصريف الباطني، و يقتصر التصريف السطحي على أنهار قصيرة غائرة تنتهي إلى حفر ابتلاع أو أودية مغلقة عمياء، وبالإضافة إلى ذلك فإن هذه المرحلة تتميز بتكون شبكات ممرات المغارة وهذا هو الوقت الذي تبلغ فيه منطقة الكارست أقصى تطور لها، و تعتبر مرحلة النضج المتأخر علامة لاضمحلال مظاهر الكارست، إذ تظهر أجزاء من أنهار المغارة خلال نوافذ الكارست وتتوسع هذه لتكون الأوفالا الكبيرة (أحواض مغلقة كبيرة) في حين تبدأ المناطق المبعثرة و المنفصلة عن الصخور الكلسية الأصلية الناهضة بالظهور بشكل شواهد كلسية، و تتميز مرحلة الهرم بالعودة إلى التصريف السطحي مع بعض شواهد كلسية منعزلة فقط تمثل بقايا منطقة الحجر الكلسي الأصلية. أما بيدي فقد قسم دورة الكارست إلى المراحل الثلاث التقليدية الشباب و النضج و الهرم و تتميز مرحلة الشباب ببداية تحول التصريف السطحي إلى مجاري باطنية و تكون الدولينات أشكال اليابسة المميزة و يوجد في مرحلة النضج حد أقصى للنقرات و الحفر الغائرة التصريف الباطني مع أنهار رئيسية متعمقة باقية كأنهار سطحية و أنهار غائرة و حفر ابتلاع

و أودية مغلقة و حفر بالوعية مركبة و آلاف من الدولينات و تبدأ مرحلة الهرم مع بداية عودة التصريف السطحي و الشواهد الكلسية من أبرز المظاهر الدالة عليها. ولا بد أن يكون هناك احتمال لوجود مراحل مختلفة لدورة الكارست في منطقة الكارست حيث تظهر خواص مرحلة الشباب في جزء منه و النضج في آخر و الهرم في جزء ثالث و تتقدم المراحل المختلفة كما هي الحال في الدورة النهرية تماماً مصاحبة و تالية لتعميق خطوط التصريف الرئيسية عبر المنطقة.

٢-٧- توزع الكارست ودراساته في سورية:

ينتشر الكارست في سورية في الصخور الكلسية والدولوميتية ضمن توضعات الجوراسي والكريتاسي وخاصة ضمن طابقي السينومانيان – التورونيان.وهو يترافق مع مناطق النهوض التكتوني و الفوالق الرئيسية كالفالق السوري الكبير الذي ترتبط به معظم الينابيع الكارستية الغزيرة. وتعتبر المناطق الساحلية من المناطق الهامة لانتشار الكارست وتساهم بشكل فعال في تصريف المياه الجوفية نحو البحر حيث تنفجر على مساراتها ينابيع هامة كنبع السن والساروت. كذلك تنتشر الظواهر الكارستية في التوضعات الجوراسية والكارستية في جبل الحرمون والسلاسل التدمرية وكذلك في بعض مناطق الجزيرة السورية ومنها ينفجر نبع رأس العين.

لم تنجز دراسات مفصلة للكارست في سورية وإنما ورد جزئياً أو جانبياً في دراسات الفرق التي قامت بالمسوحات الجيولوجية السورية (دوبرتيه، ١٩٢٧ -١٩٦٣) ،(بونيكاروف ١٩٦٦ – ١٩٦٧)، ومن ثم بعض الدراسات المحلية للمؤسسات المعنية كمؤسسة الجيولوجيا والدراسات المائية والاستشعار عن بعد أو من قبل بعض الدرارسين من خلال رفع بعض المقاطع الجيولوجية (معطي، ١٩٧٦-٢٠٠٠) ، أو بعض الدراسات الأكاديمية للساحل السوري (Bilal et al, 2001)، (Bilal, 2002) وأحدث الدراسات وأهمها تمت حديثاً لرقعة صافيتا تمثلت بأطروحة ماجستير في جامعة دمشق (يوسف، ٢٠٠٨).

الجزء الثاني

دراسات حقلية ومخبرية

٣- <u>الفصل الثالث</u>: المسح الحقلي لبنيات الكارست

٤- <u>الفصل الرابع</u>: دراسة مخبرية

الفصل الثالث

المسح الحقلي لبنيات الكارست

يشكل العمل الحقلي روح هذا البحث حيث يتناول بنيات الكارست في منطقة الدراسة، وهذه البنيات تتنوع كما سنرى في هذا الفصل وذلك حسب تأثير المياه الحامضية فنجـد تآكـل للحجر الكلسي وتشكل الجروف في بعض الأماكن، وفي أماكن أخرى نجـد تشـكل المغـاور والكهوف المنفصلة و المتصلة. وأيضاً هناك تأثير للمياه الحامضية على الصخور الكلسية حيث يأخذ هذا التأثير شكل آذان أرانب وميازيب وأشكال اخرى سنأتي على ذكرهـا ضـمن هـذا الفصل وذلك طبقاً للمقاطع المدروسة.

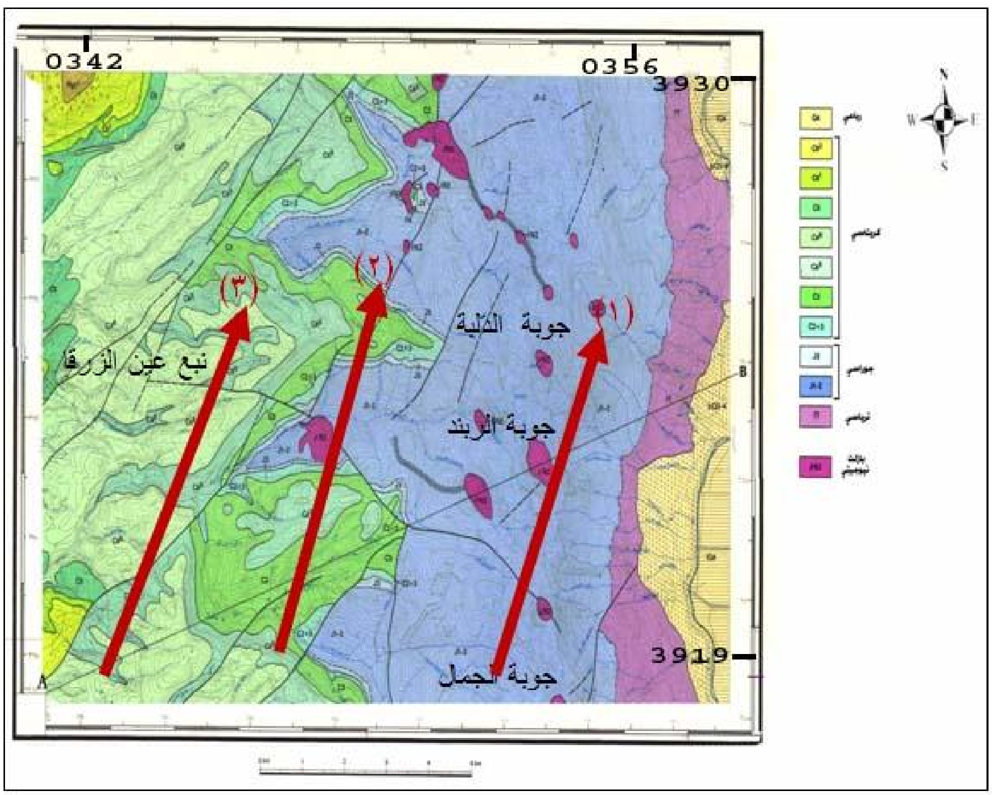
٣-١- محاور المسح الحقلي:

لقد قمنا بجولات ميدانية وفق محاور أساسية في منطقـة الدراسـة هـذه المحـاور كانـت على الشكل التالي: الشكل (٣ – ١)

١. المحور الأول : منطقة القمم حيث تنتشر الدولينات مثل (جوبة الفار – جوبة الدلبـة – جوبة الربند – جوبة وادي الياس – جوبة الجمال – جوبة العزر – جوبة البرغال فـي شمال منطقة الدراسة) وجميعها ترتفع بمناسيب تزيد عـن (١٠٠٠ م) عـن سـطح البحر باستثناء جوبة البرغال التي ترتفع فقط حوالي (٨٤٠ م) ، حيث تنتشر جميـع هذه المواقع في تشكيلات الجوراسي الأسفل و الأوسط .
٢. المحور الثاني : منطقة الجبال ما بين المنسوب (٤٠٠ – ١٠٠٠ م) عن سطح البحر حيث تمت دراسة ظواهر الكارست المتكشف في الجـدران أو التضـاريس (Reliefs) وعلى جوانب الوديان و الكانيونات (الكانيون هو الوادي الحادّ الجوانب حيث يأخذ شكل حرف V) المنتشر في المنطقة .
٣. المحور الثالث : الظواهر الكارستية – المغاور – الينابيع الكارستية (نبع عين الزرقـا) و دراسة ظواهر الكارست الأخرى و ينابيع الأودية ذات المنشأ الكارستي الأخرى.

كما تضمنت الجولات الميدانية:

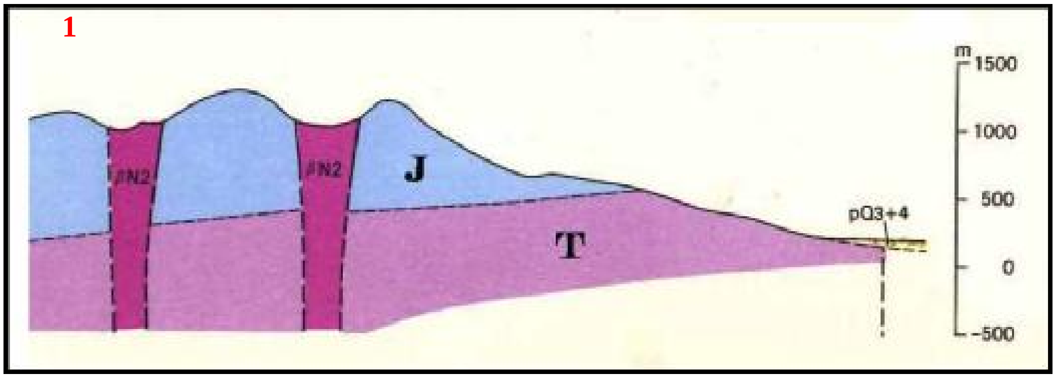
- مسح جيولوجي تفصيلي لمواقع الظواهر الكارستية (المغاور و الكهوف و الدولينات) وإعداد مقاطع شاقولية و عرضية في الموقع.
- تصوير فوتوغرافي ملون لهذه المواقع.
- تحديد أبعاد وأشكال و أعماق و انتشار هذه الظواهر و المواد المتوضعة فيها.
- أخذ عينات صخرية من هذه المواقع وتم تحليلها بتروغرافياً و منرالوجياً.
- أخذ عينات مائية من مياه المغاور الكارستية التي تتشكل فيها ينابيع دائمة الجريان (نبع عين الزرقا)
- أخذ عينات صخرية متماسكة ومفتتة من الدولينات (جوبة الربند) لدراستها منرالوجياً وبتروغرافيّاً وكذلك عينات مائية إن وجدت لاختبارها هيدروكيميائياً.

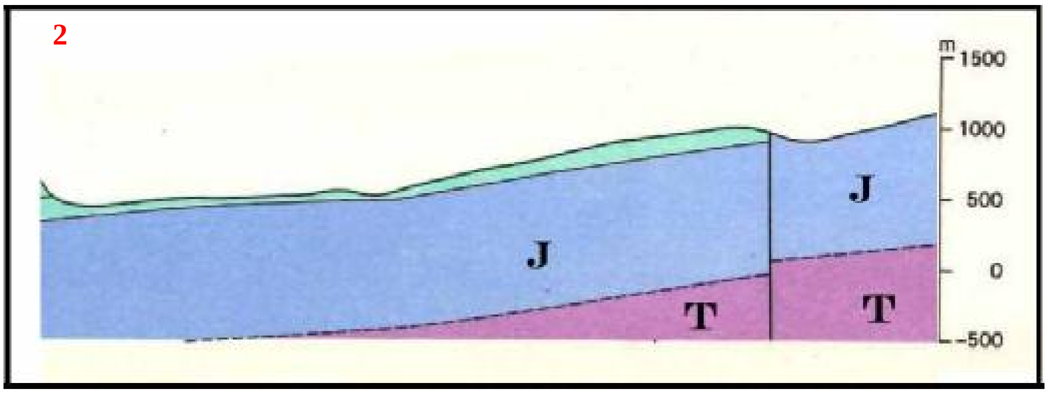


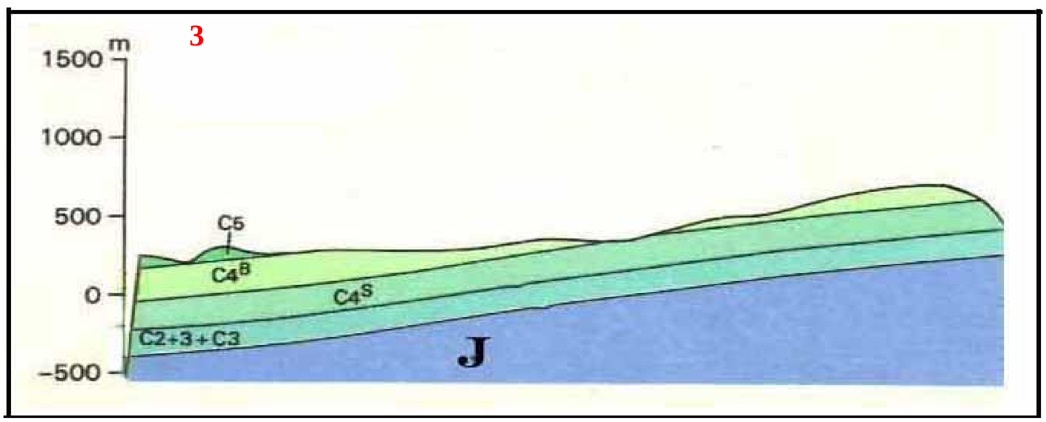
الشكل(٣ – ١) محاور المسح الحقلي
(1) المحور الأول (منطقة القمم)
(2) المحور الثاني (منطقة الجبال)
(3) المحور الثالث (الظواهر الكارستيّة ، المغاور)

٣ – ٢ - جيولوجية الكارست وفق مسارات المسح الجيولوجي:

نستعرض البنيات الكارستية وفق مسارات المسح المدروسة والتّركيب الجيولوجي الذي يشكّل قاعدة هذه البنيات الشكل (٣-٢).







الشكل (٣ – ٢) مقاطع ستراتيغرافية تمرّ من محاور المسح الحقلي طبقاً للشّكل (٣ – ١)
1 مقطع يمرّ من المحور الأوّل ، 2 مقطع يمرّ من المحور الثاني
3 مقطع يمرّ من المحور الثّالث
مع ملاحظة أنّ شروح الألوان مطابقة للشّكل (٣ – ١)

٣– ٢ – ١ - بنيات الكارست في المسار الأول:

تمثّله مناطق الجبال العالية في منطقة الدّراسة لما فوق منسوب (١٠٠٠ م) عن سطح البحر حيث تنتشر مجموعات من الجوب (الدولينات) ، تقع مابين الإحداثيات:

$X = 3920 – 3924 , Y = 0354 – 0356$ من رقعة القرداحة ٥٠٠٠٠/١ .

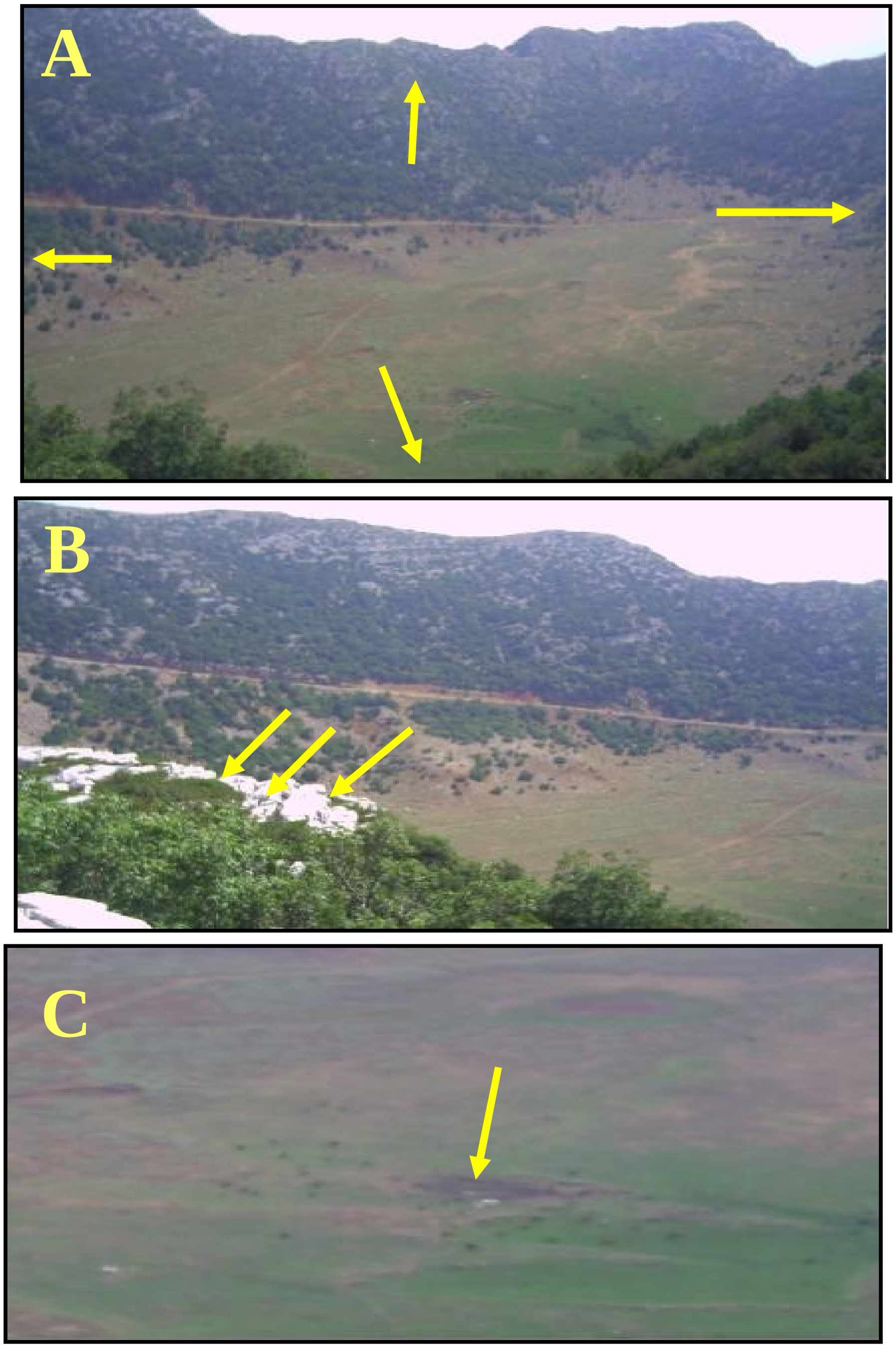
الوضع الهيدرولوجي والهيدروجيولوجي على المسار الأوّل:

متوسّط الهطول السنوي ١٣٠٠ ملم حيث تتجمّع كافة الجريانات الشّتوية في قعر هذه الجوبات وكذلك المياه النّاجمة عن ذوبان الثّلوج لتشكّل جزءاً من مياه الحامل المائي الجوراسي العميق عبر شبكات الكارست الموجودة في الصخور الكلسية الدولوميتية التي تظهر عليها آثار التّشقّق والكارست من السّطح وحتّى الأعماق حيث تشكّل مياه هذا الحامل جزءاً من تغذية الينابيع الكبيرة في السّاحل السّوري (نبع السّنّ وسوريت) كما يتفرّغ جزء من مياه هذا الحامل المائي في البحر مباشرة . يلاحظ وجود ينابيع صغيرة في توضّعات الجوراسي وغالباً ما تكون هذه الينابيع من الشّقوق والفراغات الكارستيّة على تماس مع الطّبقات الغضارية التركيب الكيميائي لمياه هذا الحامل هيدروكربونية كلوريّة وكلسيّة صوديّة وكلسيّة ملوحتها لا تتجاوز ٠,٦ غ/ل.

من النادر توفّر المياه في هذه المنطقة من خلال حفر آبار استثماريّة بسبب عمق المياه المتنقّلة في الشّبكات الكارستيّة باتّجاه الأعماق.

وأهمّ هذه الجوب:

أ - **جوبة الربند** : تقع جوبة الرّبند إلى الشّرق من مدينة القرداحة وفق الإحداثيّات $X = 3924,$ $Y = 0354$ الشكل (٣ – ٣).



الشكل (٣ – ٣) صور حقلية لجوبة الربند

A صورة توضح شكل جوبة الربند محاطة

من الجوانب الأربع بمرتفعات جبلية (حوض مغلق)

B صورة توضح جانباً من المرتفع المحيط بجوبة الربند

حيث تظهر توضعات الجوارسي أدنى ــ أوسط

C صورة قريبة للجوبة حيث يظهر النبع

أخفض نقطة فيها (١٠٥٩ م) تحيط بهذا الانخفاض الصّخور الكلسـية الدّولوميتيّـة العائـدة للجوراسي الأدنى والأوسط ، تمتلىء شتاءً المنطقة المنخفضة بالمياه عند الهطـول المطـري الغزير، سرعان ما تتسرب هذه المياه عند توقف الهطول عبر الأقنيـة الكارسـتية الشـاقولية والمائلة ، وتعتبر هذه المنطقة مع بقية الدولينات مناطق تغذية لينابيع المنطقة السـاحلية ومنهـا نبع السن. أمّا أعلى نقطة في المحيط الأعلى (١٢٤٠ م) ،

و يدخل جزء منها في الإحداثيّات x = 3923 , y = 0354 . نلاحظ أن التوضعات في جوبة الربند عبارة عن كتل متقطعة مشققة من الصـخور الدّولوميتيّـة الكلسـية العائـدة للجوراسي الأدنى والأوسط وهي منتشرة أيضاً على جدران هذا الحوض المغلق. فجوبة الربند هي عبارة عن حوض مغلق يسمى بالدولين وهو من الدولينات الأربـع أو الخمـس الكبيـرة المنتشرة في منطقة الدراسة.

أبعادهـا: شرق – غرب (٦٠٠ م)، جنوب – شمال(٧٥٠ م)، منسـوب القمـة (١٢٤٠م). ويظهر في الجانب الجنوبي الغربي من هذه الجوبة نبع مصدر تغذيته هـو الكتلـة الجنوبيـة الغربية لمحيطها وهو دائم الجريان ولكنه ضعيف صيفاً (حوالي ١,٥ ل/ ثـا) ومـع الـزمن تتشكل ضمن هذا الدولين الكبير حفر نتيجة انحلالات الحجر الكلسـي فـي الطبقـات تحـت السطحية وهي منتشرة في أكثر من موقع.

يظهر المقطع الجيولوجي (A,B) (شكل ٣،٣، C) المنفّذ من قبل المؤسّسـة العامّـة للجيولوجيا في المنطقة والذي يمرّ بجورة الرّبند أنّ قعرها عبارة عن مدخنة بازلتية مؤلّفة من الطّف البازلتي العائد للبليوسين (N2)، أمّا جدران الجورة فهي مؤلّفة من صخور الدّولوميت والحجر الكلسي المدلمت العائد للجوراسي الأدنى والأوسط ، تظهر في هذه الصّخور الظّواهر الكارستيّة المختلفـة (التآكل – التحزّز – التّكهّفات ....)

ب - جوبة الجمال : تقع جوبة الجمال إلى الجنوب من جوبة الرّبند في الجزء الجنوبي الغربي من منطقة الدّراسة وفق الإحداثيّات: X = 3920, Y= 0354 الشكل (٣ –٤).

أخفض نقطة في هذه الجوبة (١٠٤٤ م) ، بينما منسوب محيطها عند الأعلى (١٢٠٠م) ، هي عبارة عن حوض مغلق له شكل إهليلجي ، طولها حوالي / ١ كم / وعرضها حوالي / ٥٠٠ م / ويظهر في الجزء الجنوبي الغربي منها نبع .

جدران هذا الدّولين عبارة عن صخور دولوميتية عائدة إلى الجوراسي الأدنى و الأوسط ، قعر الجوبة عبارة عن مدخنة بازلتيّة مؤلّفة من الطّف البازلتي تعود لبازلت البليوسين ، أمّا جدران الجوبة فهي تعود لتشكيلات الجوراسي الأدنى والأوسط الكلسيّة الدّولوميتيّة والتي تبدو فيها و بشكل واضح آثار الكارست بكلّ أشكالها.



الشكل (٣ – ٤) جوبة الجمال

ج - جوبة الدّلبة : تقع جوبة الدّلبة إلى الشمال من جوبة الرّبند وفق الإحداثيّات :

X = 3925 ، Y = 0354 وهي عبارة عن حوض مغلق شبه دائري منسوب القعر (١٠٢٩ م)، منسوب المحيط الأعلى (١١٤٠ م)، قعر الجورة مدخنة بازلتية مؤلفة من الطّف البازلتي

العائد إلى البليوسين (N2) . جدران الجورة مؤلفة من صخور الحجر الكلســي الــدّولوميتي الكتلي يتخللها بعض التّطبقات الكلسية الضّعيفة وهي تعود للجوراسي الأدنى والوســط تظهــر آثار الكارست على صخور التّشكيلات الجوراسية لا تظهر أي آثار لينابيع في الجورة هنــاك مسيلات تصرف مياهها باتّجاه الأعماق.

٣– ٢ – ٢ - بنيات الكارست في المسار الثاني :

تمثّل هذا المسار المنطقة المحصورة من رقعــة القرداحــة مقيــاس ١ / ٥٠٠٠٠ مــا بــين الإحداثيّات : X = 3924 , Y = 0345 و X = 3926 , Y = 0349 .

ب - الموقع العام :

تمتدّ هذه المنطقة على جانبي الوادي ما بين قرية المتركية – كتف الحرامي – بيت السّــبع – الشّيخ غانم – اسطمنا إلى الجنوب الشّرقي من المنطقة، و رويسة المران – المــرّان – ضهر البقعة – بور مشايخ – كتف الأجلط – تتراوح ارتفاعاته ما بــين ٤٠٠ – ١٠٠٠ م عن سطح البحر.

تضاريسها حادّة في وادي المرّان حيث تظهر الجدران الحادّة شبه الشّاقوليّة تظهر فيها المغــاور الكارستية أمّا في الطّريق المؤدّي إلى المتركيّة (الجديد) فالميول الطّبوغرافيّة كبيــرة متدرّجــة تتراوح ما بين ٤٠٠ – ٩٠٠ م بمسافة طوليّة حوالي ٥ كم يظهر بها مســطّح كتــف الحرامــي الذي حفر به بئر قرية المتن ، إحداثيّاته(x = 3924 , y = 0346 ,z=630 m)

كما تمّ دراسة القطّاع المؤدّي إلى جوبة البرغال من بيت زنتوت من المنسوب ١٠٠٠ إلى المنسوب ٨٠٠ (حارة الوطى) بميول متوسّطة حيث تظهر الأقماع البازلتية وتعتبــر هذه المنطقة الواقعة أعلى منطقة الدراسة مكمّلة للمسار الثّاني.

ت - **جيولوجيا المنطقة** :

تنتشر في أراضي المسار الثّاني تشكيلات الكريتاسي بأعمارها:

١- الأبسيان – ألبيان (C_{2-3}) تشكيلة باب جنّة التي يغلب عليها المارل والحجر الكلسي والدّولوميت وهي ذات سماكات ضعيفة في المنطقة تتجلّى مظاهر التآكل والتّكهّف في الحجر الكلسي بوضوح.

٢- الأبسيان – ألبيان C_3 : تشكيلة عين البيضا ، ويغلب عليها الدولوميت مع تداخلات بسيطة من الحجر الكلسي وهي ذات سماكات لا بأس بها تتجلّى مظاهر هذه الصّخور بكونها بلوكات منفردة متقطّعة محزّزة يظهر عليها التآكل والتّكهّف بشكل واضح.

٣- السينومانيان C_5 : يغلب عليها الحجر الكلسي بطبقاته السّميكة مع المارل والمارل الدّولوميتي. تنتشر ظواهر الكارست في طبقات الحجر الكلسيّ.

٤- السينومانيان $C^B{}_4$: تشكيلة باب عبد الله وهي مؤلّفة من الحجر الكلسي والمارل والمارل المدلمت جزئيّاً، تنتشر ظواهر الكارست في طبقات الحجر الكلسيّ المقطّع والمعرّض للتّكتونيك.

٥- الجوراسي: ويغلب عليه بشكل عام الدّولوميت مع بعض انتشارات الحجر الكلسي يبدو على شكل بلوكات منفردة متقطّعة تبرز ظواهر الكارست بشكل واضح بها وخاصّة في المستوى الشّاقولي.

ج - **التّكتونيك:**

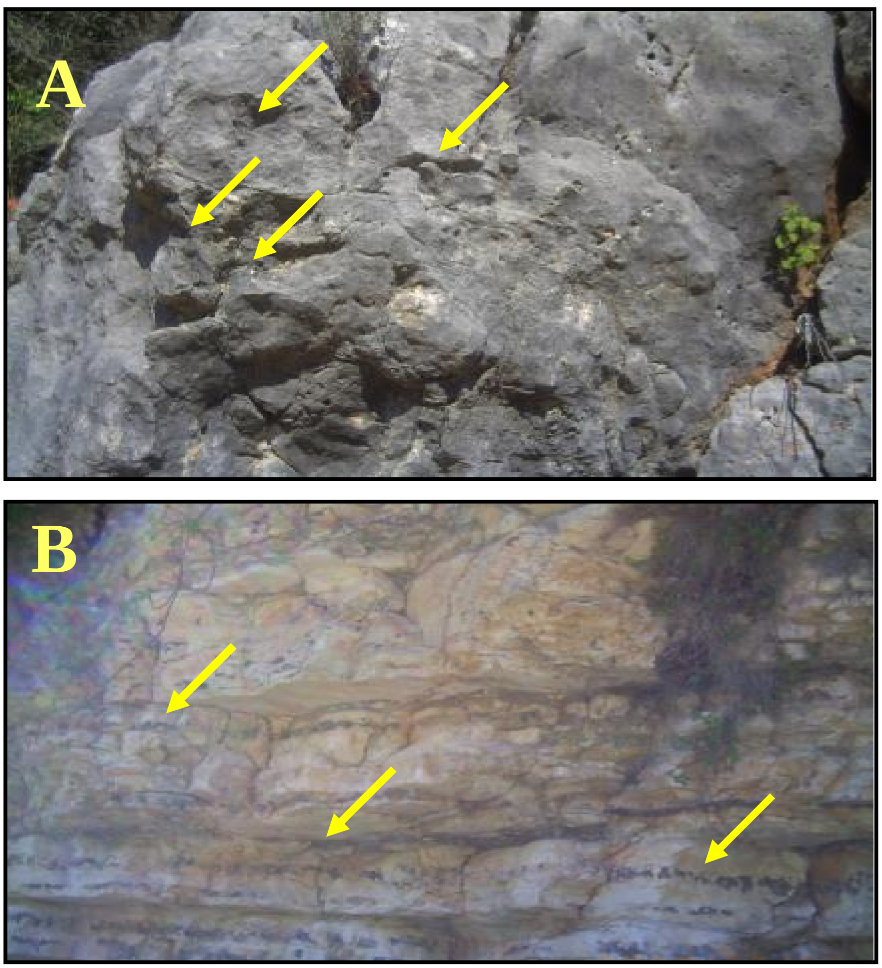
تتميّز منطقتي المسار الثّاني (وادي المرّان – المتركية ، جوبة برغال – بيت زنتوت) بكثافة الفوالق التي تأخذ اتّجاه شمال شرق ، جنوب غرب مع بعض الفوالق المستعرضة مسايرة بذلك النّظام العام لفالق الانهدام الكبير. أثّرت الفوالق بشكل واضح على البنى الصّخريّة في المنطقة تجلّى ذلك بظواهر الضّعضعة (cataclastique) في

الطّبقات وتحوّلها إلى كتل منفردة في المستويات الشّاقوليّة والأفقيّة وساهم في زيادة شقوقها وزيادة الكارست بها.هذا وتجتاز الصّخور الكلسية الدولوميتة العائدة إلى السينومانيان بشدّة التّشقق والتّعرية من السّطح وبأشكال كارستية مختلفة وبنفوذية عالية تجعلها حامل جيّد للمياه بوجود الحواجز الغضارية في الأبسيان إضافة إلى إمكانة نقل المياه عبر الشّبكات الكارستية المنتشرة في المستوى الأفقي المائل بزاوية ما بين (٤ – ١٠ ْ) باتجاه الغرب والجنوب الغربي والمستوى الشّاقولي وشبه الشّاقولي الذي يغذّي التّشكيلات التي تقع أسفلها. إنّ التّغذية تتمّ من الهاطل المطري إلى الصّخور المشقّقة النّفوذة والكارستيّة لتظهر على شكل ينابيع كبيرة في الوديان أو قرب الشّاطئ أو في تدفّقات المياه تحت السّطحية . تساهم مياه الكريتاسي وخاصّة السّينومانيان بشكل كبير في تغذية أكبر الينابيع في السّاحل السّوري وهو نبع السّن و سوريت حيث يبلغ متوسّط التّصريف السّنوي لنبع السن ١٣,٥ م^{٣} / ثا يعتبر هذا النّبع ملتقى لتجمّع مجاري الحوامل المائيّة الكارستيّة في الصّخور الكلسية العائدة للكريتاسي والجوراسيّ.

تمّ حفر بئرين استثماريين في هذه منطقة (المتن – المرّان) أحدها لمياه شرب المتن في منطقة ضهر الحرامي إحداثيّاته (X= 3924 , Y = 0346 , Z = 630) حفر لعمق (١٦٠ م) من خلال متابعة الحفر تبيّن وجود فراغات كثيرة وعلى مستويات مختلفة عند اختراقه تشكيلات السّينومانيان الأوسط مع ضياع في دورة مياه الحفر وهبوط لعدّة الحفر بين العمق (٨٠ - ١٢٠) كما أنّ منسوب المياه الستاتيكي (١٢٠ م). أمّا البئر الثّاني فحفر لعمق ٣٢٠ م لمياه شرب المرّان ، إحداثيّاته (X = 3925 , Y = 0348 , Z=740) ظهرت العديد من الفراغات والشّقوق أثناء أعمال الحفر وعلى مستويات مختلفة من الأعلى وحتّى عمق ١٤٠ م حيث اختفت دورة مياه الحفر وحصل هبوط في عدّة الحفر عدّة مرّات. المنسوب الستاتيكي على عمق ١٤٠ م.

٣- ٢ - ٣ - بنيات الكارست في المسار الثالث:

تمثّل هذا المسار المنطقة المحصورة ما بين الإحداثيات X = 3924,Y = 0341 و X = 3926, Y = 0345 من رقعة القرداحة ٥٠٠٠٠/١ ، و تعتبر مغارة عين الزرقا هي البنية الرئيسية والأساسية في هذا المحور. نلاحظ في هذا المسار تكشفات للكريتاسي /سينومانيان/ في منطقة مغارة عين الزرقا. أما بالنسبة للتوضعات ففي موقع عين الزرقا تكون التوضعات عبارة عن حجر كلسي كتلي تأثرت سطوحه بالمياه الحامضية وتطبقات مارنية كلسية حاوية على عقد صوانية تعود لتشكيلة صلنفة الشكل (٣ – ٥).

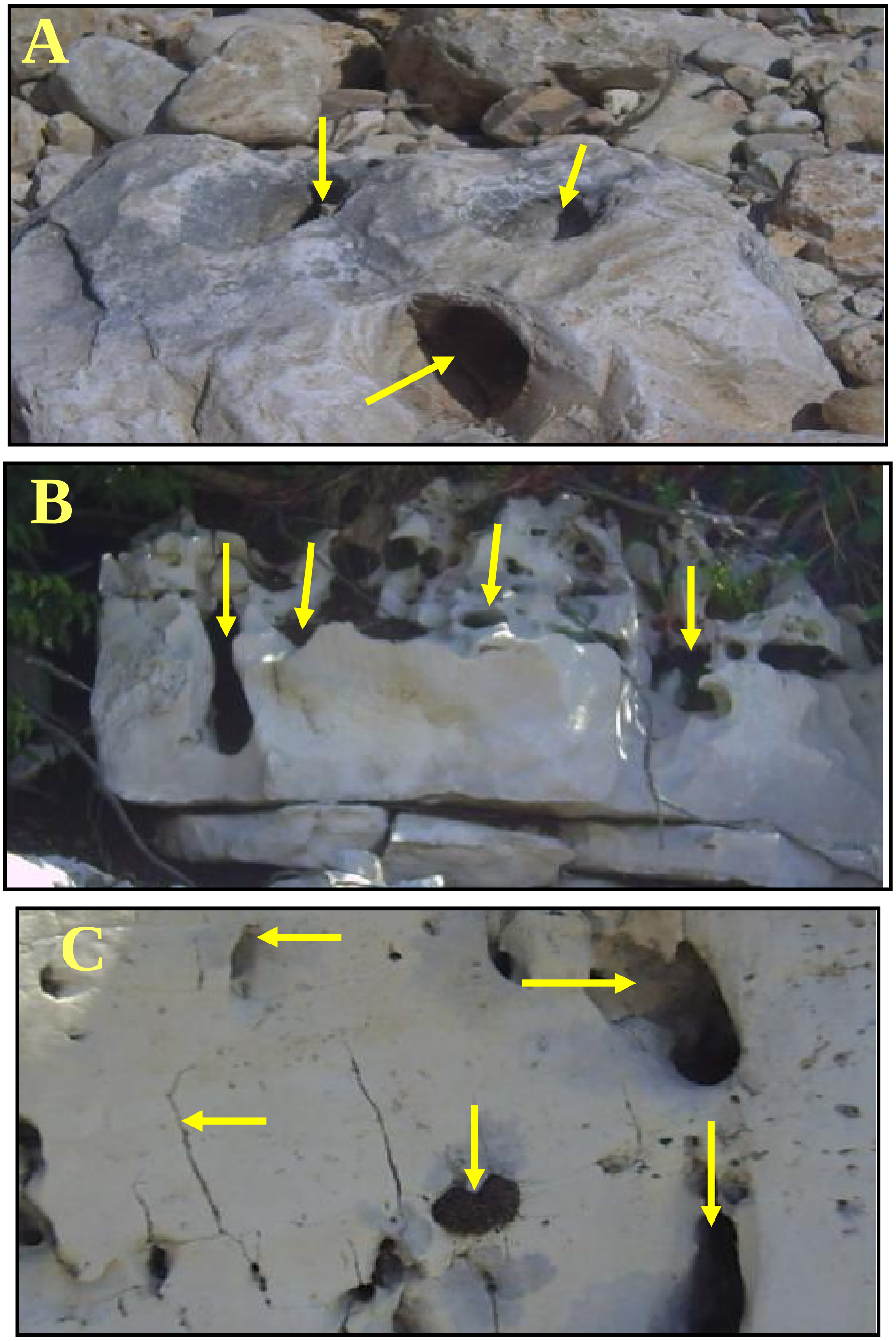


الشكل (٣ – ٥) صور حقليّة لتوضّعات عين الزرقا

A حجر كلسي كتلي تأثرت سطوحه بالمياه الحامضية

B تطبقات مارنية كلسية حاوية على عقد صوانية

كما ونلاحظ في موقع عين الزرقا آثار للمياه الحامضية على الصخور الكلسية والتي تأخذ شكل ميازيب دقيقة وفي بعض الأحيان تأخذ شكل آذان الأرانب وفي أحيان أخرى تأخذ شكل تجاويف صغيرة الشكل (٣ – ٦).



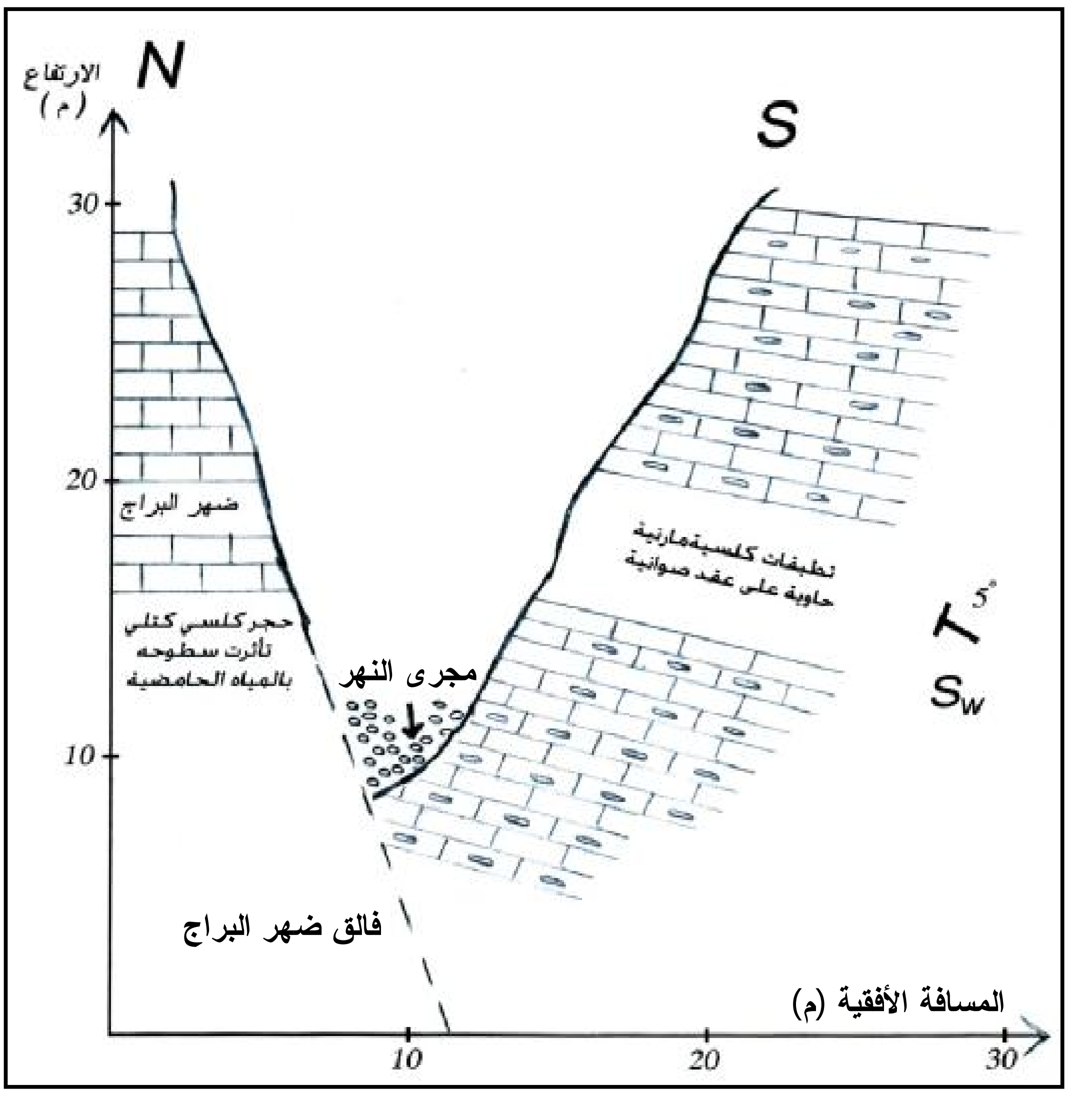
الشّكل (٣ – ٦) الكارست المتشكّل بفعل المياه الحامضية في عين الزرقا
A تجاويف صغيرة في الصخور الكلسية B آذان الأرنب
C ميازيب دقيقة وآذان الأرنب

وعلى امتداد ضهر البراج حيث توجد مغارة عين الزرقا في كعبه لوحظ وجود مغاور متصلة الشكل (٣ -٧) في بعض الأحيان ومنفصلة في أحيان أخرى لكنها مغاور صغيرة مقارنة مع عين الزرقا حيث تم من خلال الدراسات السابقة حفر بئر في ضهر البراج لعمق (٢٧٥م) وخلال الحفر ظهرت هذه المغاور على مستويات مختلفة أعمقها (١٦٢م) في البئر المحفور في قمة ضهر البراج ، يقع هذا البئر على الإحداثيّات (X = 3925, Y = 0344, Z = 450 m)، ومنسوبه الستاتيكي 162 م، والديناميكي 180 م، تصريف المضخّة 25 م^{٣} / سا.أثناء عملية حفر بئر ضهر البراج ظهرت بنية الشّقوق والكارست المتوسّط الأبعاد والمملوء أحياناً بالتّرب الحمراء مع ضياع لدورة الحفر وحصل هبوط لعدّة الحفر عدداً من المرّات في تشكيلة السينومانيان الأوسط.



الشكل (٣ – ٧) تشكل التجاويف المتصلة (مغاور صغيرة) نتيجة تأثير المياه الحامضية في موقع عين الزرقا

يظهر في الشكل (٣ – ٨) الوادي المجاور لعين الزرقا (أسفل ضـــهر البــراج) والكتــف الأيمن المجاور حيث تتوضّع سماكات من الحجر الكلسي الكتلي تصل حتّــى (١٠ م) تــأثّرت سطوحها بالمياه الحامضية وتظهر توضعات كلسية مارنية حاوية على عقد صوانية في الجهــة المقابلة لضهر البراج وتميل هذه التوضعات حوالي خمس درجات باتجاه جنوب – غرب وذلك بفعل الفالق المتشكل عنه مجرى نهر بشلاما.



الشكل (٣ – ٨) شكل تخطيطي يوضح بنية وتوضعات عين الزرقا

وعلى طول الطريق في الكتف الأيمن لمجرى نهر المران في القرداحــة لاحظنــا توضــعات للحجر الكلسي الحواري قليل القساوة والذي تشكلت فيه بعض الجروف الشاقولية الشكل (٣ –٩).



الشكل (٣ – ٩) حجر كلسي حواري متآكل بفعل المياه الحامضية
حيث يمثل شكلاً بسيطاً مصغراً لتشكل المغاور

كمــا تــمّ حفــر بئــرين فــي مشــروع ميــاه بشــونا وفــق الإحــداثيات (X = 3924, Y= 0341, Z=340) وأثناء متابعة الحفر ظهرت الشقوق والمغــاور والتّكهفات حتّى المستوى الستاتيكي للبئرين، مع ضياع لدورة الحفر وحصل هبوط فــي عدّة الحفر عدّة مرّات.

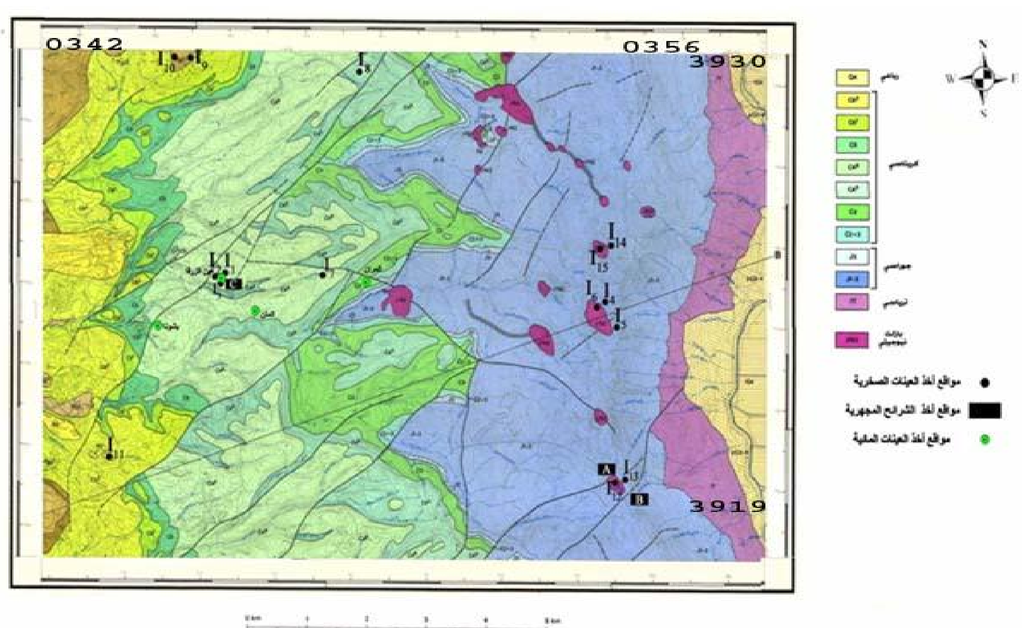
الفصل الرّابع

دراسات تحليليّة ليتولوجيّة ومائيّة

تأتي هذه الدّراسة التّحليليّة استكمالاً لمكوّنات هذا البحث الذي يشــكّل فيــه تركيــب الميــاه والصّخور المنتشرة عنصراً هامّاً لفهم التّداخل بين المكوّنات الأساسيّة التي هــي الكارســت والتّكتونيك والليتولوجيا ونوعيّة المياه.

٤ – ١ - العينات المدروسة :

للوقوف على تأثير الليتولوجيا ودورها في تحديد نوعيّة المياه التي تخترقها تمّت الدراسة في المنطقة المدروسة من خلال إجراء تحاليل بتروغرافية وجيوكيميائيــة لعشــرات العيّنــات الصخرية المسحوبة من مواقع مختلفة بحيث تمثل مختلف أنواع الصخور المتكشفة في المنطقة الشكل (٤-١).



الشّكل (٤ – ١) مواقع أخذ العيّنات الصخريّة والمائيّة وعيّنات الشّرائح المجهريّة

٤ - ١ - ١ – الليتولوجيا:

يوضّح الجدول (٤ -١) مختلف التّشكيلات الليتولوجية المتكشّفة على امتداد المسارات المدروسة والمتكشفة في منطقة الدّراسة حسب أعمارها ونوعيّتها الليتولوجية.

يتضح من خلال قراءة للمقطع الليتولوجي ونوع التّكشفات المنتشرة أنّ هذه التّكشفات هي عموماً توضّعات كلسيّة ، كلسيّة دولوميتيّة، مارنية كلسيّة، مارنية غضاريّة، ولحقيات إضافة إلى البازلت والطفّ البازلتي.

الجدول (٤ – ١) التّركيب الليتولوجي حسب المسارات المدروسة ومنطقة الدّراسة

المسار	الموقع	التركيب الليتولوجي	العمر	العيّنات المحللة
الأوّل	جوبة الرّبند	كلس دولوميتي	جوراسي أدنى وأوسط	٢
		بازلت ، طف بازلتي	بليوسين	١
	جوبة الجمال	كلس دولوميتي	جوراسي أدنى وأوسط	١
		بازلت ، طفّ بازلتي	بليوسين	٢
	جوبة الدّلبة	كلس دولوميتي	جوراسي أدنى وأوسط	١
		بازلت وطف بازلتي	بليوسين	١
الثاني	وادي المرّان -المتركية، جوبة برغال - بيت زنتوت	مارن كلسي ، كلس دولوميتي	كريتاسي	٢
الثالث	مغارة عين الزّرقا	كلس ، كلس دولوميتي ، مارن كلسي	كريتاسي	٣
توضّعات متكشّفة أخرى	مناطق مختلفة	حجر كلسي كتلي	باليوجين	١
		بازلت	باليوجين	١
		مارن غضاري	نيوجين	١
		لحقيّات حطاميّة	رباعي	-

٤ – ١ - ٢ - التحليل الجيوكيميائي :

أجريت تحاليل جيوكيميائية لمجموعة من العينات الصّخرية المسحوبة في مخابر المؤسّسة العامة للجيولوجيا والثّروة المعدنيّة بدمشق (مخابر عدرا) بهدف تحديد التّركيب الجيوكيميائي لهذه العيّنات. وتمّت هذه التّحاليل بواسطة أجهزة XRF وأعطيت النتائج على العناصر الرئيسية بنسب مئوية وسطية لهذه العناصروتمّ تحديد إحداثيات العينات المحللة جيوكيميائيّاً بواسطة GPS وفق الجدول (٤ – ٢).

الجدول (٤ – ٢) إحداثيات العينات الصّخرية المحللة جيوكيميائياً

الوصف الليتولوجي للعينة		رقم العينة	إحداثيات العينات الصخرية	
			X	Y
العينات النّاريّة	بازلت	I_{6}	٣٦,٢٠٠٥٦١	٣٥,٤٤٣٤٦١
	بازلت	I_{12}	٣٦,١٢٢٢٤٤	٣٥,٢٤١٤٧٠
	بازلت	I_{15}	٣٦,٢٠١٤٠١	٣٥,٤٥٦٤٧٨
	بازلت	I_{9}	٣٦,٠٨١٧٤٣	٣٥,٤٩٨٥٨١
العينات الرّسوبيّة	كلس دولوميتي	I_{4}	٣٦,٢٠٣٠٢٠	٣٥,٤٤٤٧٢١
	كلس دولوميتي	I_{5}	٣٦,٢٠٦٤٩٩	٣٥,٤٣٩٠٨٣
	كلس دولوميتي	I_{13}	٣٦,١٢٣٣٠٩	٣٥,٢٤١٧٦١
	كلس دولوميتي	I_{14}	٣٦,٢٠٤٥٨٠	٣٥,٤٥٧٣١٦
	مارن كلسي	I_{7}	٣٦,١٢٠٦١٠	٣٥,٤٥٠٢٣٩
	كلس دولوميتي	I_{8}	٣٦,١٣١٠٤٦	٣٥,٤٩٥٥٨٢
	كلس	I_{1}	٣٦,٠٩٢١٢٠	٣٥,٤٥٠٤٧٨
	كلس دولوميتي	I_{2}	٣٦,٠٨٩١٢١	٣٥,٤٤٩٧٥٩
	مارن كلسي	I_{3}	٣٦,٠٩٠٨٦٠	٣٥,٤٤٨٢٥٩
	حجر كلسي كتلي	I_{10}	٣٦,٠٧٧٠٦٥	٣٥,٤٩٨٦٤١
	مارن غضاري	I_{11}	٣٦,٠٧٦٠٥٥	٣٥,٤٩٨٧٣٢

كما يوضح الجدول (٤ – ٣) التّركيب الكيميائي الوسطي للأنواع الليتولوجية المختلفة الرّسوبية. حيث نلاحظ أن التّركيب الكيميائي للعناصر الرّئيسية يتوافق مع صخور كلسيّة شائعة حيث ترتفع نسبة أكاسيد الكالسيوم طبقاً للتّسميات العالميّة المعتمدة) (BRAMKAM 1958, GRABAU 1904 كما ترتفع نسبة أكاسيد المغنيزيوم في الصّخور الدّلوميتية بفعل الدّلمتة.

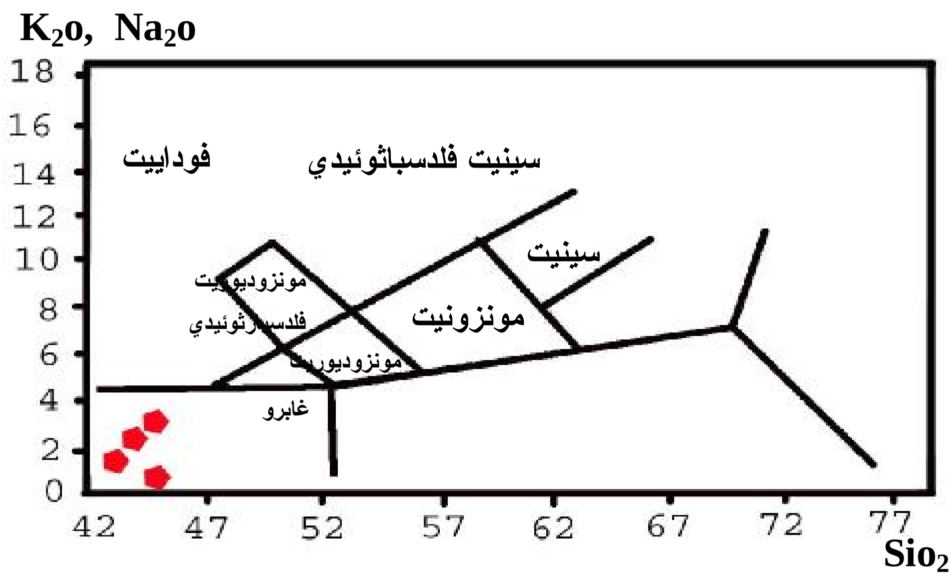
الجدول (٤ – ٣) تحليل الأكاسيد الرئيسية للصخور الرسوبية

رقم العينة / العنصر الكيميائي	I_{11}	I_{10}	I_{3}	I_{2}	I_{1}	I_{8}	I_{7}	I_{14}	I_{13}	I_{5}	I_{4}
Tio_2	0.06	0.01	0.07	0.13	0.02	0.12	0.09	0.12	0.13	0,12	0.12
Sio_2	5.19	0.67	30.26	6.9	0.37	7.1	13.21	6.80	6.77	6.60	6.80
So_3	<0.02	0.09	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.34	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
P_2O_5	0.25	0.01	0.18	0.019	0.08	0.04	0.18	0.03	0.02	0.03	0.02
Na_2o	<0.03	0.08	<0.03	0.085	<0.03	0.081	<0.03	0.09	0.08	0,09	0,09
Mn_2o_3	0.003	0.002	0.003	0.071	<0.002	0.07	0.014	0.07	0.064	0.059	0.067
Mgo	0.36	0.68	0.23	14	0.16	13.60	0.09	12.60	13.40	12.47	13.59
$K_2 O$	0.12	0.01	0.12	0.02	<0.01	0.01	0.18	0.015	0.012	0.01	0.01
Fe_2o_3	0.54	0.22	0.63	3.44	0.09	3.7	1.06	4	3.44	3.43	3.33
Cr_2o_3	0.011	0.011	0.012	0.002	0.010	0.002	0.011	0.004	0.002	0.003	0.002
Cl	0.06	0.10	0.05	0.09	0.05	0.08	<0.02	0.07	0.06	0.08	0.07
Cao	50.97	53.91	36.95	27.9	55.16	29.5	44.16	28.6	29.30	28.5	29.63
Al_2o_3	1.41	0.33	1.45	1.7	0.21	2	2.16	1.58	1.55	1.60	1.52
L.O.I	40.69	43.26	30.28	44.12	44.26	43.55	36.31	44.9	44.56	45,30	44,11

كما ويوضح الجدول (٤-٤) التركيب الكيميائي الوسطي للأنواع الليتولوجيـــة الاندفاعيـــة ، يظهر التصنيف الصخري بدلالة العناصر الكيميائية (مجموع القلويات بدلالـــة السيليســـيوم)، بالنّسبة للصّخور البازلتيـــة والطـــفّ البـــازلتي مخطـــط TAS (شـــكل ٤ – ٢) حســـب (Middlemost, 1994)، أن العينات المدروسة تقع ضمن حقل صـــخور الغـــابرو وهـــو المقابل العميق للبازلت، كما أن المكونات الرئيسية للصخور تشير إلى صـــخور قلويّـــة مـــن النّوع البيكروبازلتي حســـب (le Bas et al,1986) (شـــكل٤ – ٣) ولا تســـجّل العناصـــر الرّئيسية تراكيز عالية استثنائية.

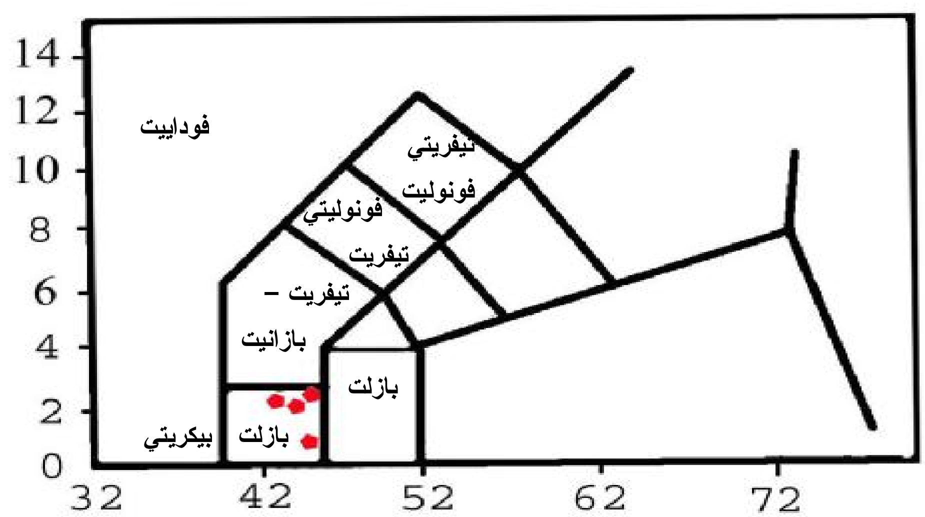
الجدول (٤ – ٤) تحليل الأكاسيد الرئيسية للصخور الاندفاعية

رقم لعينة / العنصر الكيميائي	I 9	I 15	I 12	I 6
Tio2	1.41	2.72	2.55	1.38
Sio2	44.05	44.41	43.63	44.03
So3	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
P2O5	0.40	0.58	0.35	0.18
Na2o	1.60	1.58	1.56	0.1
Mn2o3	0.100	0.162	0,161	0.101
Mgo	1.71	4.85	5.52	1.94
K2 O	0.6	0.49	0.47	0.56
Fe2o3	12.40	13.57	12.61	12.38
Cr2o3	0.04	0.018	0.039	0.033
Cl	0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Cao	3	10.52	8.42	2.04
Al2o3	23.01	18.03	20.28	24.07
L.O.I	10.65	1,21	4,44	11.26



الشكل (٤ – ٢) دياغرام TAS قلويات بدلالة السيليكا للتصنيف الصخري الكيميائي

(Middlemost, 1994)



الشكل (٤ -٣) دياغرام TAS قلويات بدلالة السيليكا للتصنيف الصخري الكيميائي

(Le Maitre,1984)

٤ – ٢ – دراسة بتروغرافية:

تعتبر التحاليل البتروغرافية للعينات الصّخرية هامّة بغرض التعرف على التركيب الفلـــزي للعينات المدروسة وتحديد نسب الفراغات في الصخور المتكشّفة وما هي نوعيّة هذه الفراغات وقابليتها لإنفاذ المياه،والعمليات الجيولوجية التي حصلت وتحصل على هــذه الصـــخور فـــي

الماضي والحاضر(انحلال – إعادة تبلور ...) وكيف أثّر التكتونيك الإقليمي والمحلّي في تشكّل الشّقوق الكبيرة والميكروية في هذه الصخور وإنفاذها للمياه.

أجريت الدراسة البتروغرافية لعدد من العينات الصّخرية والتي حضرت شرائحها المجهرية في قسم الجيولوجيا في جامعة تشرين.ويوضّح الجدول(٤ – ٥) إحداثيات مواقع العينات المختلفة للنماذج البتروغرافية طبقاً للشكل (٤–١).

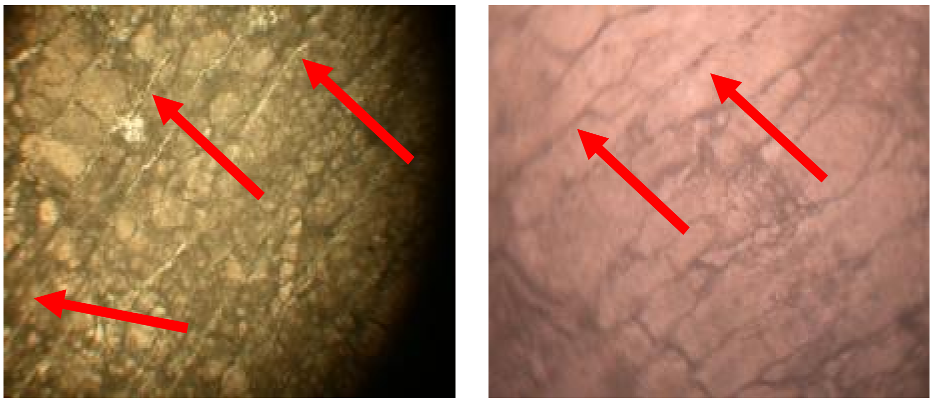
الجدول (٤ – ٥) إحداثيّات العينات الصخرية الكلسية المحللة بتروغرافيّاً

رقم العينة	الإحداثيات X	الإحداثيات Y	النوع البتروغرافي	الموقع
A	3920.7	0354.8	حجر كلسي	جوبة الجمال
B	3920	0355.3	حجر كلسي	جوبة الجمال
C	3924	0341	حجر كلسي مشقق	عين الزرقا

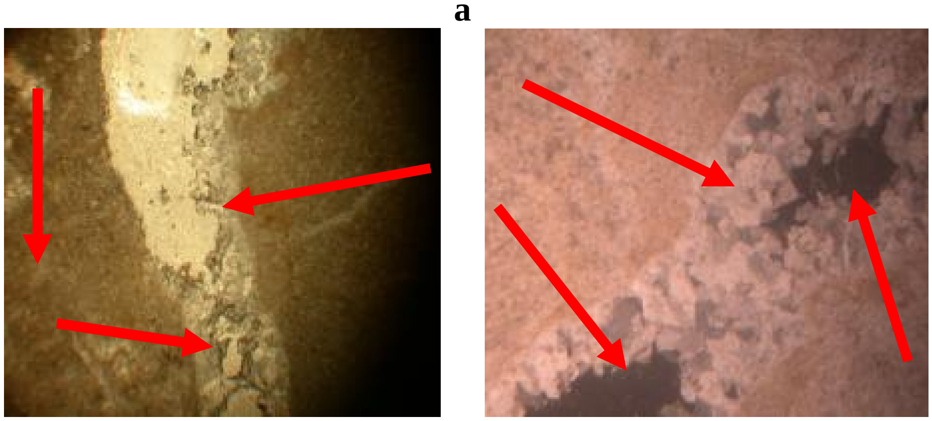
وفيما يلي وصفاً للصخور المتكشفة التي تم رصدها مجهرياً الشّكل (٤ – ٤)، حيث يظهر في الشكل (٤ –٤– a) صورة مجهرية للعينة المأخوذة من موقع عين الزرقا (شريحة C) حيث نلاحظ الحجر الكلسي المشقق ذو البنية التجزّئية، كما نلاحظ وجود لطخ نادرة من أكاسيد الحديد وبتقريب الصورة تُلاحظ البنية التجزئية بوضوح أكبر.

وفي الشكل (٤ – ٤ – b) صورة للعينة المأخوذة من موقع جوبة الجمال (شريحة A) حيث نلاحظ الحجر الكلسي المتأثر بفعل المياه الجوفية فتشكلت الفراغات والشقوق ضمن هذا الصخر وأُعيد ترسيب بلورات الكالسيت من المحيط باتجاه مركز الشق كما في الصورة المقرّبة للشريحة، كما تُلاحظ لطخ نادرة من أكاسيد الحديد.

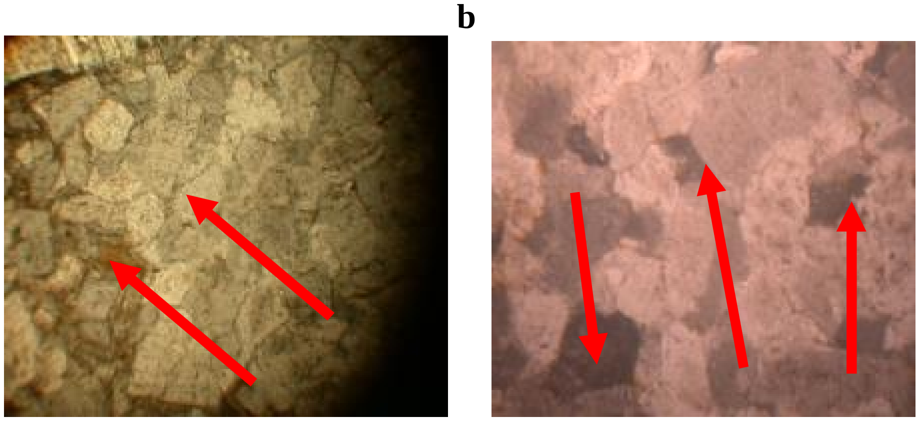
أمّا الشريحة الثالثة المأخوذة من موقع جوبة الجمال أيضاً (شكل ٤ – ٤ – c)، نلاحظ فيها بنية الحجر الكلسي المتأثرة بفعل المياه الجوفية حيث الفراغات الواضحة بالتقريب كما توجـد لطخ نادرة من أكاسيد الحديد.



a



b



c

الشكل (٤ -٤ – a، b ، c) a - صورة لشريحة مجهرية تمثل العينة الصخرية (C)
b- صورة لشريحة مجهرية تمثل العينة الصخرية (A)
c- صورة لشريحة مجهرية تمثل العينة الصخرية (B)

٤ – ٣ - جيوكيمياء المياه:

أجريت تحاليل كيميائية لعيّنات مائية مقطوفة من عدّة نقاط مائية (ينـــابيع وآبـــار) بقصـــد الوقوف على جيوكيمياء المياه ونوعيّتها وصولاً إلى فهم العلاقة المتبادلة بينها وبين الليتولوجيا (شكل٤– ١) (جدول٤–٦)، التي عرضنا فيها نقاط لعينات نموذجية تمثل العينات المحللة مـــع الأخذ بعين الاعتبار أن التحليل طال عدداً أكبر من العينات ولكـــن النتـــائج متماثلـــة فاكتفينـــا بعرض العينات النموذجية الممثلة.

الجدول (٤ – ٦)إحداثيّات مواقع النقاط المائية التي تمّ قطف عينات مائيّة منها وتحليلها

الموقع	الإحداثيّات		المسار
	X	Y	
نبع عين الزّرقا	٣٦,٠٩٠٩٦٢	٣٥,٤٤٩٤٢٥	الثالث
بئر بشونا	٣٦,٠٧٢٤٣١	٣٥,٤٣٨٨٣٦	الثالث
بئر المرّان	٣٦,١٣٣١٤٦	٣٥,٤٤٨٨٢٧	الثاني
بئر المتن	٣٦,١٠٠٨٦٧	٣٥,٤٤٢٢٥٢	الثاني

تم إجراء التحاليل للعينات المائية في مخابر المؤسسة العامـــة لميـــاه الشـــرب والصـــرف الصحي باللاذقية، كما حرصنا على إجراء التحاليل في فترات زمنيـــة مختلفـــة للتأكّـــد مـــن تغيّرات التّركيب الكيميائي للمياه والوقوف على أسباب هذه التبدّلات إن وُجـــدت.هـــذا وقـــد أعطيت نتائج التحاليل مقدرة ب ملغ/ل ويوضح الجدول (٤-٦) نتائج هذه التّحاليل.

يمكن القول بعد الاطلاع على نتائج التحاليل ارتفاع تركيز شوارد الكالســـيوم والمغنزيـــوم في فترات الهطول الممتدة من شهر تشرين الأول وحتى نهاية شهر آذار وقد يدخل شـــهري أيلول ونيسان ضمن فترات الهطول وذلك بحسب السنوات .

كذلك فإن نتائج التحاليل (تركيز شوارد الكالسيوم والمغنزيوم) تتعلــق بتــاريخ التحليــل للعينة بالنسبة لتاريخ الهطول كون صخور المنطقة معظمها كربوناتية قابلة للانحلال ومكرستة ومخلعة بسببب الفوالق.

إن ورود شــوارد الكالســيوم والمغنزيــوم والبيكربونــات إلــى الميــاه الجوفيــة والظاهرة في نتائج تحاليل العينات المائيــة بحســب الجــدول (٤-٧) يعــزى إلــى انحــلال الصخور الكلسية والكلسية الدولوميتــة والدولوميتيــة أحيانــاً بشــكل رئــيس نتيجــة تــأثر المتكشفة منها بميــاه الأمطــار الحامضــية مباشــرة وتفاعــل القســم الراشــح منهــا مــع الصخور المشكلة لطريق الرشح كما يعد انحــلال الصــخور الكربوناتيــة المشــكلة للحامــل المائي مصدراً هاماً لهذه الشوارد بحسب الجدول(٤-٣).

يمكن أن نجمل العمليات الكيميائية الحاصلة بالتفاعل التالي:

$$CaCO_3+H_2o+CO_2 \;\; D \;\; Ca^{+2} \; +2HCo_3^-$$

$$Co_2+H_2o + MgCO_3 \;\; D \;\; Mg^{+2} +2HCO_3^-$$

وبشكلٍ أقل بكثير يمكن أن ترد شاردة البيكربونات للمياه من تجوية البلاجيــوكلازات التي تدخل في تركيب الصخور النارية (البازلت) المنتشر في منطقة الدراسة. كما أنه يمكن ان يخفض محتوى المياه الجوفية من تلك الشوراد بتوافر شروط معينة بحسب التفاعلات الســابقة حيث تنعكس العملية ويصبح الفاعل العكوس جاريا" ويدل على ذلك تشكل الصواعد والنوازل في المغاور. كماأن إعادة التبلور الحاصلة على حواف الشقوق المجهرية في بعض الصــخور الشكل (٤ - ٤) تدل على هذا التخفيض.

جدول (٤ -٧) نتائج التحليل الكيميائي للعينات المائية المحللة في فترات مختلفة

النقطة المائية	تاريخ أخذ العينة	الشوارد المحللة ملغ/ل						PH
		Ca^{++}	Hco_3^-	Mg^{++}	So_4^{--}	cl^-	قلوية كلية	
عينة مطرية	-	4.4	6.1	0.92	0	17.73	-	5.71
نبع عين الزرقا	29/2/2004	93.7	280.6	0	16	14.5	230	-
	14/3/2004	64.12	-	-	13	19.4	-	7.6
	30/6/2004	60.9	290.3	19.9	11	9.4	238	-
	19/1/2005	80.1	292.8	12.1	11	9.9	240	7.7
	25/9/2005	92.1	256.2	2.43	9	11.3	210	7.8
	16/3/2006	89.7	268.4	8.7	9	7.7	220	7.7
	10/9/2006	80.1	219.6	12.1	10	9.1	180	7.8
	10/4/2007	77.7	268.4	28.2	9	10	220	7.8
	28/11/2007	57.7	231.8	23.34	11	12.3	190	-
	11/2/2008	88.2	317	9.7	11	8	260	7.9
	24/3/2008	56.1	268.4	27.2	14	13.5	220	-
	2/6/2008	104.2	293	-	11	12.2	240	-
	21/1/2009	84	273.2	11.1	14	2.2	224	-
بئر بشونا	**تاريخ أخذ العينة**	Ca^{++}	Hco_3^-	Mg^{++}	$So4^{--}$	cl-	**قلوية كلية**	**PH**
	30/6/2004	59.3	251.3	13.1	10	8.4	206	7.6
	29/9/2004	64.1	251.3	12.6	8	8.4	206	7.4
	19/1/2005	80.1	268.4	15.9	8	4.3	220	7.6
	25/9/2005	72.1	231.8	9.72	10	10	190	7.8
	16/3/2006	80.1	251.3	9.7	9	9.2	206	7.7
	10/9/2006	68.1	226.9	17	8	9	186	7.7
	10/4/2007	72.1	231.8	17.5	9	10	١٩٠	7.7
	11/2/2008	80.16	292.8	19.45	8	9.5	240	7.9
	9/4/2009	68.1	256.2	-	9.1	7	210	-
بئر المران	**تاريخ أخذ العينة**	Ca^{++}	Hco_3^-	Mg^{++}	$So4^{--}$	cl-	قلوية كلية	**PH**
	26/1/2005	68.1	326.9	26.7	١٩	-	٢٦٨	7.9
	5/6/2005	72.1	317.2	16	18	2.5	260	7.8
	9/8/2005	80.1	366	23.8	19	6.8	300	7.8
	30/3/2006	66.5	292.8	24.3	20	8.4	240	7.6
	10/9/2006	72.1	234.2	44.7	23	8.1	192	7.6
	10/4/2007	64.1	268.4	30.6	22	10	220	7.7
	24/3/2008	56	292.8	-	19	8.7	240	7.3
	9/4/2009	60.1	302.5	-	19	22	248	-
بئر المتن	**تاريخ أخذ العينة**	Ca^{++}	Hco_3^-	Mg^{++}	$So4^{--}$	cl-	قلوية كلية	**PH**
	14/3/2004	95.3	305	0.48	0	1	250	6.8
	30/6/2004	57.7	205	24.3	8	8.1	250	7.5
	26/1/2005	72.1	292.8	26.7	5	-	240	7.7
	9/8/2005	75.3	341.6	19.4	4	9.9	280	7.3
	16/3/2006	60.9	280.6	11.6	8	7.1	230	7.6
	10/9/2006	64.1	234.2	26.7	8	7.8	192	7.5
	10/4/2007	76.1	268.4	31.1	9	10	220	7.6
	28/11/2007	46.49	285.48	35.02	7	9.4	234	-
	24/3/2008	56.1	273.2	26.7	9	12.1	224	7.6
	9/4/2009	65.7	290.3	-	1	8	238	-

حسب التحاليل التي أجريت للعينات تصنف المياه في المنطقة بأنها بيكربوناتيــة كلســية مغنيزية، عذبة ضعيفة القلوية وقاسية وهذا ما سنوضحه في فصل لاحق.

كما نلاحظ من تحليل العينة المطرية أن مياه الأمطار مياه حامضية وفيها نسبة قليلة مــن شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم والبيكربونات مقارنة مع تحاليل مياه الآبار وهــذا إن دل علــى شيء فهو يدل على فعل المياه في الصخور الكلسية والكلسية الدولوميتية.

الجزء الثالث

تحليل وتفسير النّتائج والنتائج العامة والتوصيات

٥-<u>الفصـــل الخـــامس</u> : دور التّكتونيـــك الكارســـتي فـــي هيدروجيولوجيا المنطقة

خاتمة

الفصل الخامس

دور التكتونيك الكارستي في هيدروجيولوجيا المنطقة

تركّزت الدراسة على منطقة شديدة التّعقيد التّكتوني وتنتشـــر فيهـــا مظـــاهر الكارســـت المختلفة بفعل عوامل عديدة. ومن الطّبيعي أن يؤثّر ذلك على هيدروجيولوجية المنطقة وهو ما سنعالجه في هذا الفصل الذي يحلل نتائج الدّراسات المنفّذة.

٥ – ١ – التكتونيك والكارست:

تقع منطقة الدراسة في السلسلة الساحلية المتميّزة بمورفولوجية معقّدة يميّزهـــا ارتفاعهـــا المتذبذب الذي يصل إلى ما يزيد عن ١٤٥٠ م عن سطح البحر. محصورة بين انهدام الغـــاب في الشرق ومنطقة هضابية في الغرب منحدرة بهدوء نحو الساحل البحري تقطعهـــا مظـــاهر كارست مختلفة.

تكتونياً تتميز منطقة الدّراسة بتكتونية شديدة تؤكّدها كثافة القســـمات الخطيّـــة (بـــلال، ٢٠٠٢) واختراقها بمجموعة من الفوالق الهامّة التي أهمّها فالق نهر السنّ الذي يقســـمها إلـــى كتلتين شمالية وجنوبية بحيث تبدو الكتلة الشّمالية على شكل نجـــد وحيـــد الجانـــب وجنوبيـــة منحرفة.

تقطع الكتلة الشماليّة مجموعة كثيفة من الفوالق ذات الاتّجاه شـــمال شـــرق – جنـــوب غرب ذات رميات محصورة بين (٢٠ – ٤٠٠ م) ، إضافة إلى كثافة كبيرة في التّكسّـــرات الموازية للفالق السّوري والتي تشكّل دولينات عديدة. أمّا الكتلة الجنوبيّة فتقطعهـــا منظومـــة فوالق تأخذ الاتّجاه ذاته : شمال شرق – جنوب غرب برميات صغيرة.

إنّ فالق السنّ الذي يبدأ عند نهر السنّ يتّجه نحو الشّرق حيث يتفرّع جنوب بيت ياشــوط إلى فرعين يتّجه الأوّل نحو الشّمال الشّرقي حيث يلاقي منخفض الغاب ، بينما يتّجــه الآخــر نحو الشّرق حيث يختفي في الصّخور الجوراسيّة المشكّلة لذرى الجبال. يترافق فالق نهر السنّ بمجموعة من الفوالق الجانبيّة وتبلغ رميته ذروتها في فالق الحمّام حيث تصل ٩٠٠ م.

إذاً تنتشر في المنطقة منظومة من الفوالق باتّجاهات متقاطعة شمال شــرق – جنــوب غرب ، وشمال غرب – جنوب شرق، ومنظومة أخرى اتّجاهاتها شمال- جنوب أو شرق – غرب.النّمط الأوّل يرتبط منشئيّاً بالفوالق القاطعة للسّلاسل الجبليّة بينما يرتبط الثّاني بالفــالق السّوري.

إنّ هذه المنظومات المختلفة من الفوالق تلعب دوراً هامّاً في توجيه حركية المياه الجوفيّة طبقاً للاتّجاهات المذكورة لهذه الفوالق والتّشقّقات المرافقة لها الموضّحة في المخطّط(١- ٤). وبالطّبع فإنّ هذه الفوالق والشّقوق تسهّل جريان المياه وعملها في توليــد مظــاهر الكارســت المختلفة التي قمنا بحصرها ودراستها في منطقة الدّراسة.

٥ – ٢ – عوامل الكارست ومظاهره في منطقة الدّراسة:

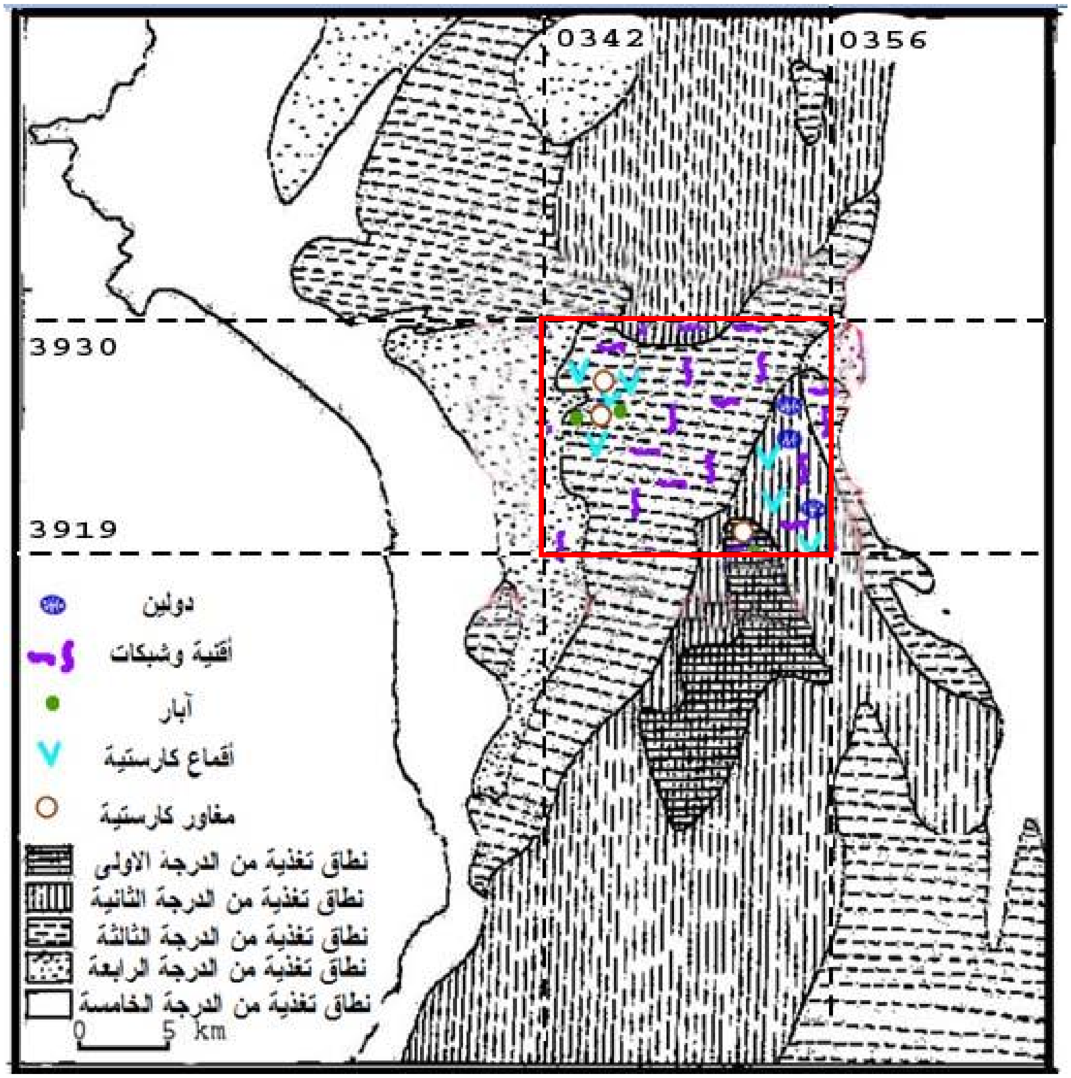
يمكن إرجاع عوامل الكارست في منطقة الدّراسة إلى العوامل التّالية:

- عمل المياه المتسرّبة
- عمل المياه الحامضيّة

ينجم عن عمل هذه المياه بنيات ومظاهر متعددة للكارست ويمكن حصر هذه المظاهر بما يلي:

- الدّولينات
- المغاور

- أقنية وشبكات وأقماع كارستية والتي تسببت في ظاهرة هبوط عدّة الحفر آبار المتن ، المران ، وضهر البراج . يوضّح الشّكل (٥ – ١) توزّع هذه المظاهر.

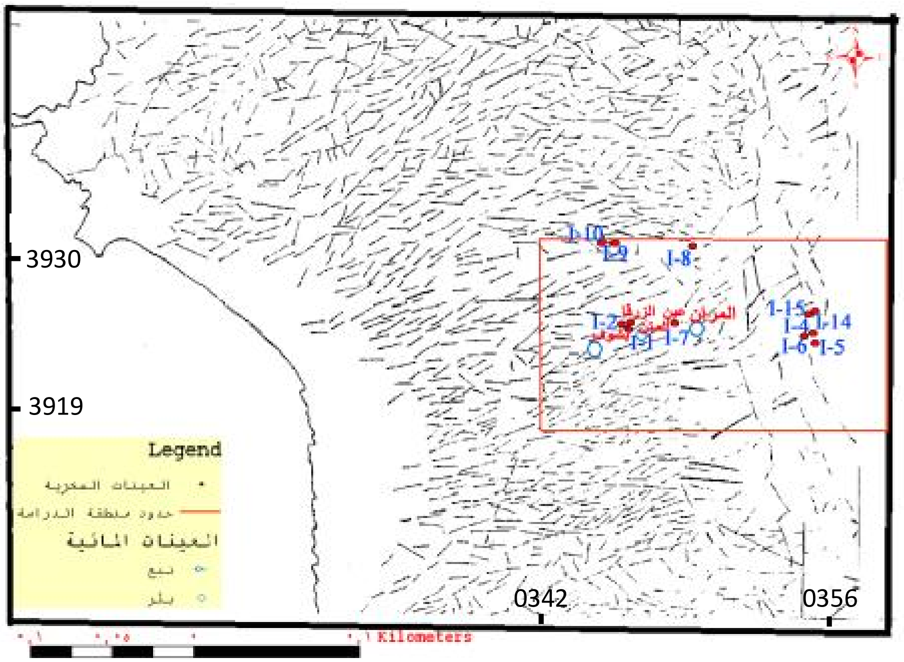


الشكل (٥- ١) توزع مظاهر الكارست المختلفة في منطقة الدراسة

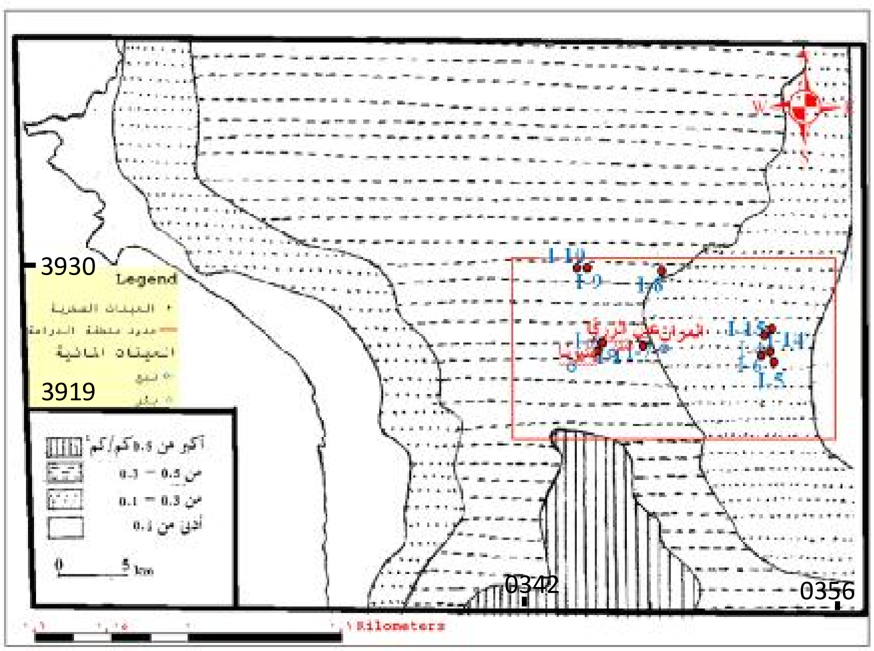
بالطّبع إنّ انتشار الكارست يضع المنطقة بتمايزات واضحة بين منطقة وأخرى من حيث النّفوذيّة وحركيّة المياه الجوفيّة وبالتّالي تمايز نطاقات أكثر نفوذيّة من غيرها وهو ما يمكن توضيحه بمخطّطات التّغذية مخطّطات التغذية – درجة الكارستيّة.

٥-٣- مخطط التغذية ودرجة الكارستية:

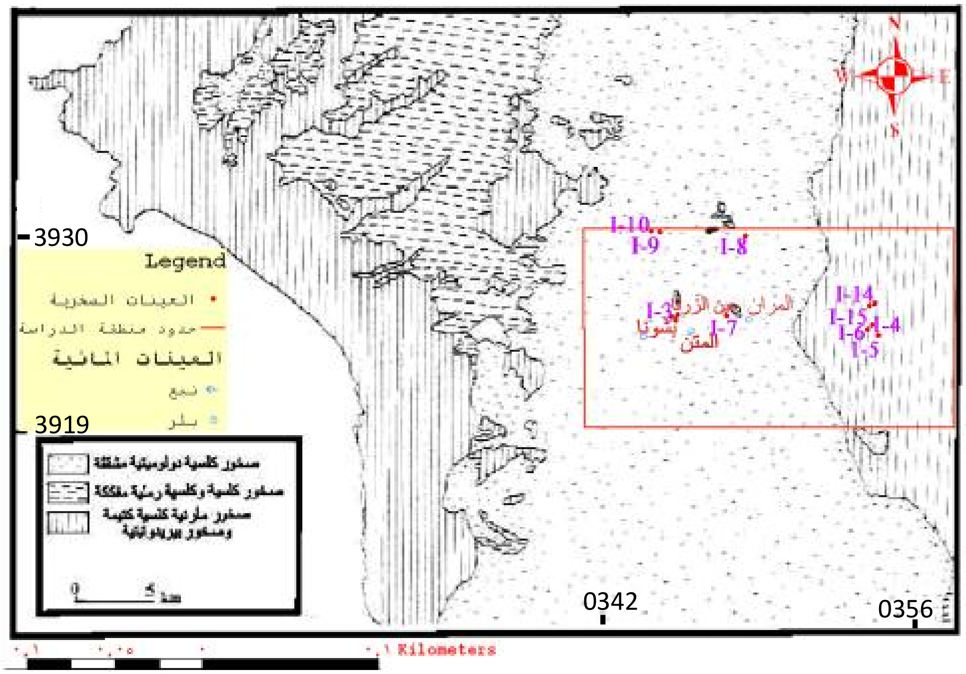
للوقوف على أثر الكارست في حركيّة المياه قمنـا بوضـع مخطّطـات القسمـات الخطّيّـة وكثافتهـا الشكلان (٥– ٢) ، (٥ – ٣) وكذلك المخطّطات السحنيّة لمنطقة الدّراسـة التـي تعكس التّركيب الليتولوجي لها الشّكل (٥-٤) (BILAL et AMMAR, 2002 -2003)



الشكل (٥- ٢) مخطط القسمات الخطية موضح عليه مواقع أخذ العينات الصخرية والمائية



الشكل (٥ – ٣) مخطط يوضح كثافة القسمات الخطية في المنطقة وموضح عليه مواقع أخذ العينات الصخرية والمائية



الشكل (٥ – ٤) المخطط السحني لمنطقة الدراسة وموضح عليه مواقع أخذ العينات الصخرية والمائية

تبيّن من هذا المخطّط تمييز ثلاثة نطاقات:

- نطاق الصّخور الكلسيّة الدولوميتيّة المشقّقة.
- نطاق الصّخور الكلسيّة والكلسيّة الرّمليّة المفكّكة.
- نطاق الصّخور المارنية الكلسيّة الكتيمة وصخور بيريدوتيتيّة.

بالتّقاطع بين مخطّطات القسمات الخطية والسّحنية أمكننا وضع مخطّطات التّغذية (الشكل ٥ – ٥) ، حيث يتّضح من هذا المخطّط تمايز خمسة نطاقات:

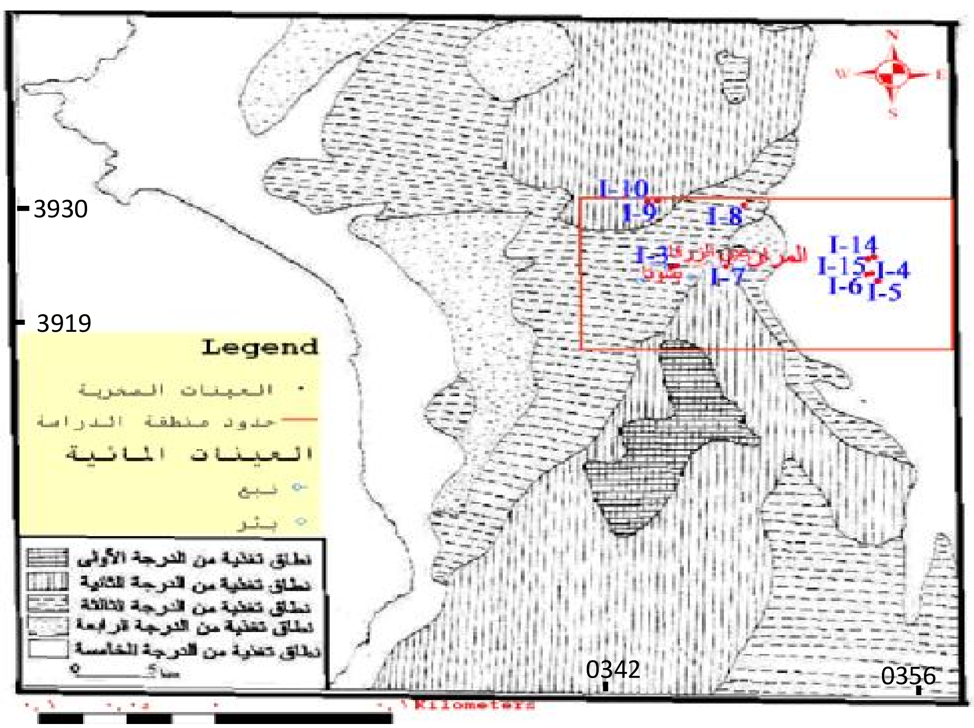
- نطاق تغذية من الدّرجة الأولى: يكون شديد النفوذية جداً وشديد التشقق مما يسمح للمياه بالتسرب إلى الأعماق ويكون شديد الكارستية أيضاً ويحدد هذا النطاق في جنوب منطقة الدراسة وتنتشر فيه معظم المظاهر الكارستية من دولينات وأقماع كارستية وآبار كارستية ومغاور وأقنية وشبكات كارستية.

- نطاق تغذية من الدّرجة الثانية: يتركز هذا النطاق في وسط منطقة الدراسة ويكون شديد النفوذية والتشقق وشديد الكارستية وتنتشر فيه مظاهر الكارست المختلفة .

- نطاق تغذية من الدّرجة الثالثة: يتركز هذا النطاق في غرب منطقة الدراسة وفي وسطها وهو نطاق نفوذ مشقق وكارستي بدرجة أقل من النطاقين السابقين .

- نطاق تغذية من الدّرجة الرابعة: يتركز في شمال ووسط منطقة الدراسة وهو نطاق ضعيف النفوذية والشقوقية وضعيف الكرستة.

- نطاق تغذية من الدّرجة الخامسة: يتركز في الجزء الشرقي من منطقة الدراسة وهو نطاق ضعيف النفوذية والشقوقية جداً وضعيف الكارستية.



الشكل (٥ – ٥) مخطط التغذية لمنطقة الدراسة وموضح عليه مواقع أخذ العينات الصخرية والمائية

بإسقاط المظاهر الكارستيّة على هذا المخطّط يمكن تحويل هذا المخطط إلى مخطّط درجة الكارست إذ أنّ الكارست يرتبط بشدّة التّغذية وهي مقاربة نصف كميّة اعتماداً على العلاقة الموضّحة في الفقرة (٢-٤)، K=v/V*100، بالنّظر إلى أنّ معظم الفراغات المميّزة لكلّ نطاق هي فراغات كارستيّة بالدّرجة الأولى. ومن خلال الحسابات المنفّذة على مواقع مختارة فإنّ النّطاقات الخمسة تتميّز بدرجة كارستيّة محصورة بين > 30 % لنطاق شديد الكارستية، 10 – 30 % للنطاق متوسط درجة الكارستية ، < 10 % للنطاق المنخفض الكارستية. (شكل ٥ – ٥).

٥-٤- الكارست ونوعية المياه:

يسمح لنا الشكلان (٥-٤) (٥-٥) تحديد حركية المياه الجوفية وهي حركية تتحدد بمجموعة من العوامل:

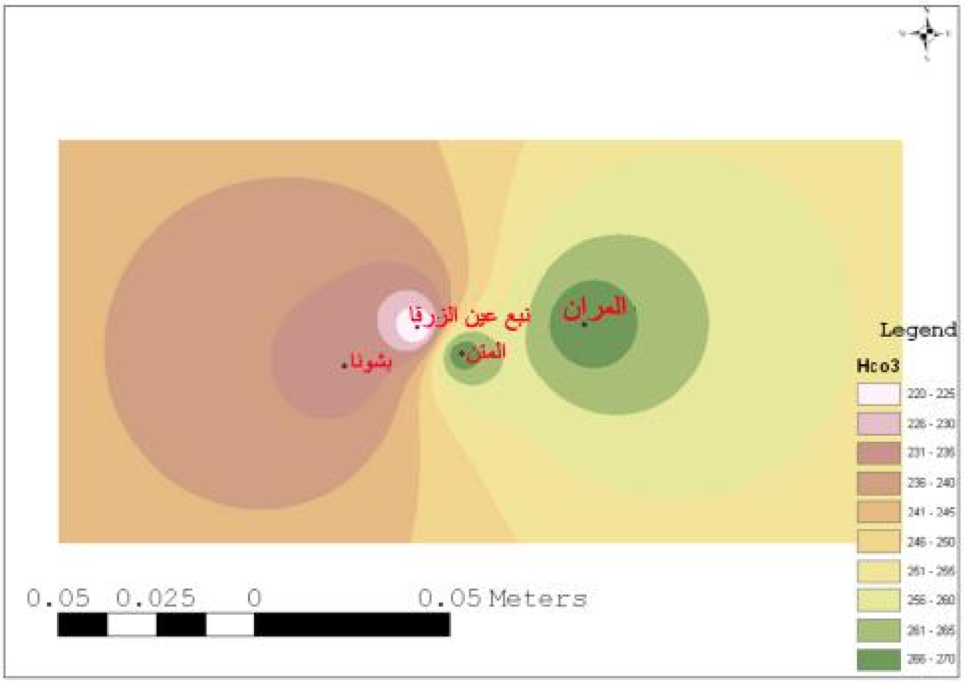
- درجة التغذية: تعتمد درجة التغذية على كمية الهطل المطري ونسبة المياه المتسربة منه داخل الصخور. تسمح درجة مسامية الصخور وتشققها لكميات المياه المتسربة بالتغلغل أكثر ضمنها.
- درجة الكارستية: يقصد بدرجة الكارستية درجة تخرق كتلة الصخر من جراء ظهور فراغات وتجاويف مختلفة الأشكال والأبعاد وبسبب عمليات الانحلال والجرف الداخلي لجزيئات الصخور وتدل درجة الكارستية على نسبة الفراغات الخالية دون أن تنسب إلى الفترة الزمنية اللازمة لتشكلها.
- ميول الطبقات: تلعب دوراً هاماً في تحديد حركية المياه الجوفية.
- الفوالق: تلعب دوراً هاماً في تحديد حركية المياه الجوفية وتغييرها.

واعتماداً على هذه المعاملات فإن هذه الحركية تتبع عدة اتجاهات، تبعاً لاتجاهات الفوالق وشدة القسمات الخطية المحددة سابقاً وباتجاهين متعاكسين نحو الغرب بشكل رئيسي ونحو الشرق.

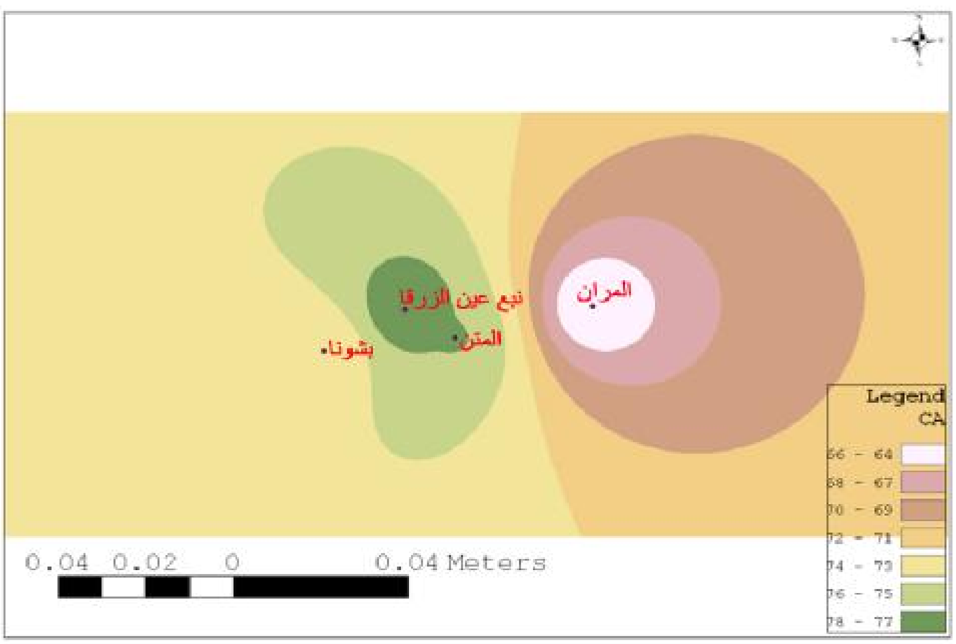
تجتاز المياه صخور كلسية دولوميتية أو كلسية مارنية تتميز بارتفاع أكاسيد الكالسيوم والمغنيزيوم وهو ما ينعكس بشكل واضح في نوعية المياه من خلال التحاليل المنفذة.

٥-٥- خرائط متساويات قيم الشوارد ــ حركة المياه:

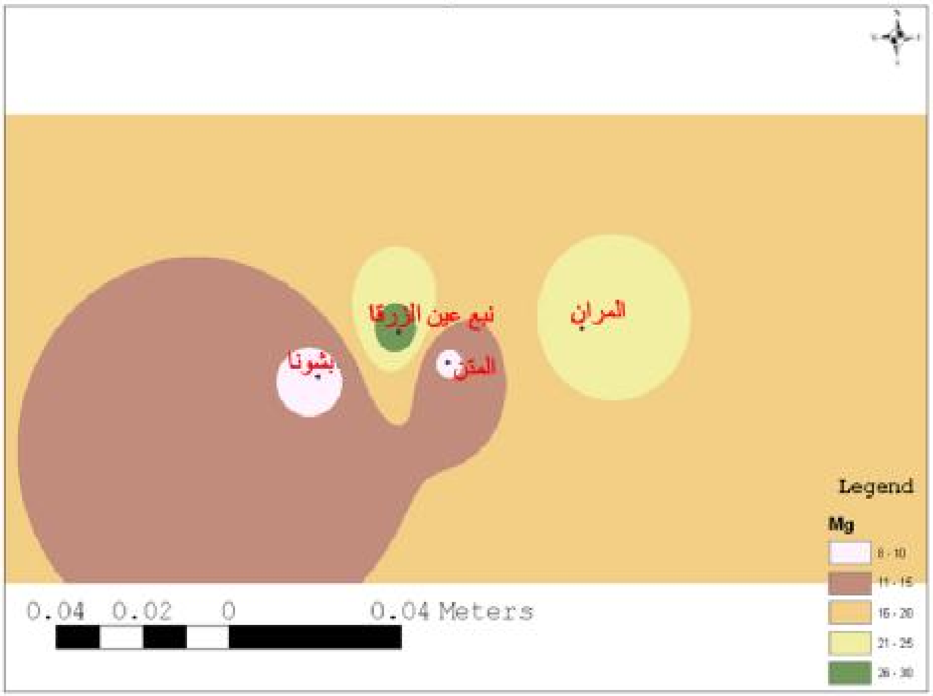
تسمح معطيات التحليل الجيوكيميائي الموضحة في الجــدول (٤-٧) برســم خــرائط متساويات لقيم بعض الشوارد خلال فترة الفيضان (نيسان - ٢٠٠٧) كما في الشــكل (٥-٦ ،أ ، ب، ج ، د ، هـــ) بحسب الجدول (٤-٧) .



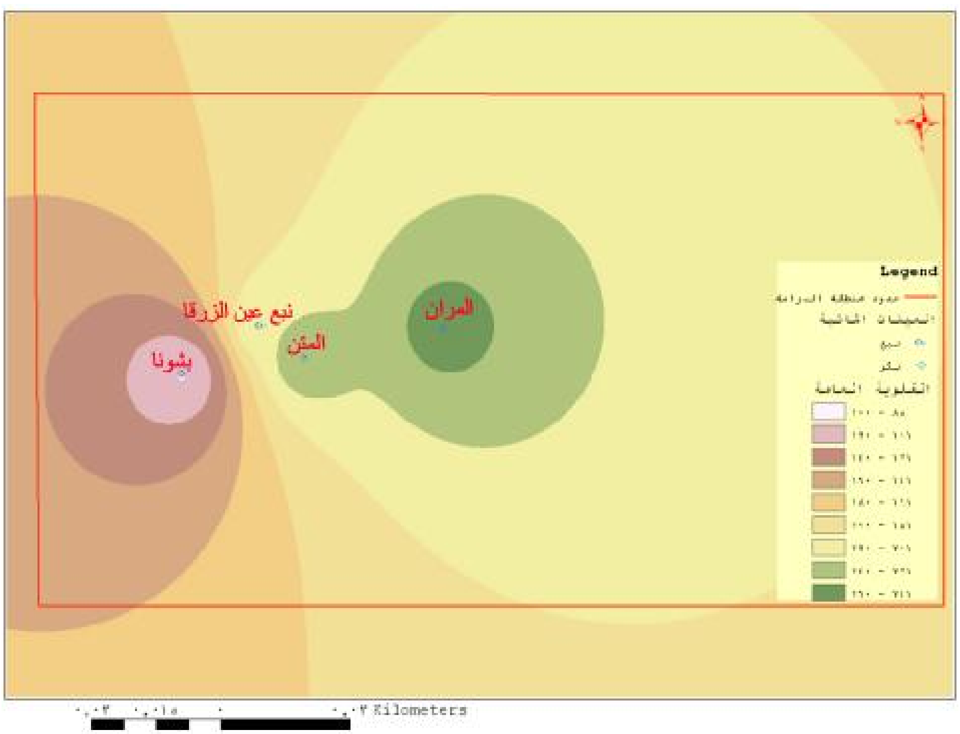
الشكل(٥-٦-أ) متساويات قيم البيكربونات نيسان - ٢٠٠٧



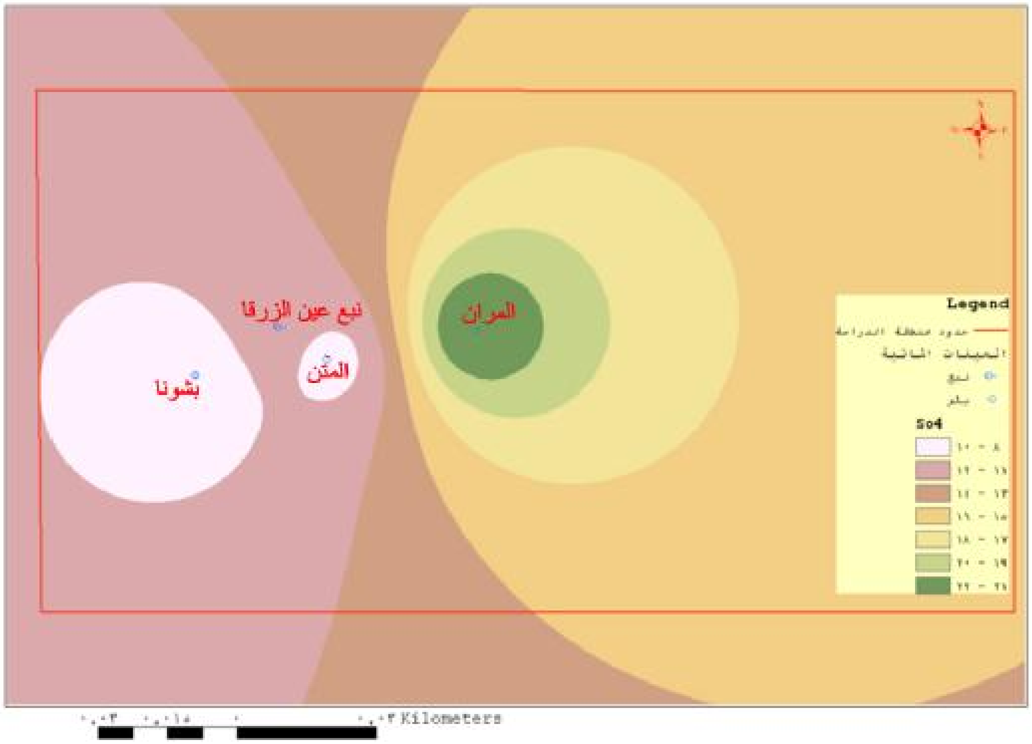
الشكل(٥-٦- ب) متساويات قيم الكالسيوم نيسان - ٢٠٠٧



الشكل(٥-٦-ج) متساويات قيم المغنيزيوم نيسان - ٢٠٠٧



الشكل (٥-٦ – د) متساويات قيم القلوية العامة نيسان - ٢٠٠٧



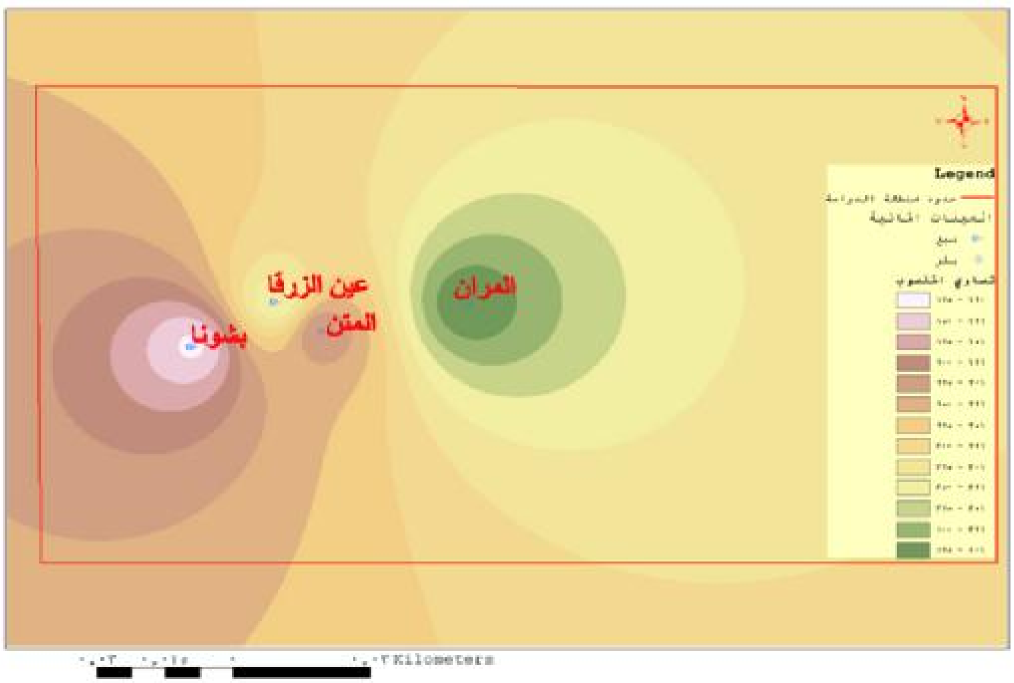
الشكل (٥-٦ – هـ) متساويات قيم الكبريتات نيسان - ٢٠٠٧

من خلال الشكل (٥-٦) نلاحظ أن تراكيز شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم والبيكربونات لا تزيد في اتجاه واحد مما يدل على عدّة اتجاهات لحركة المياه وتفاوت قابلية الصخور السطحية والمشكلة للحامل المائي للانحلال بحسب تركيبها الليتولوجي.وقد يدل ذلك على وجود مسارات مختلفة بسبب الفوالق والظواهر الكارستية.

إن حركة اتجاه المياه ليس واحداً في منطقة الدراسة ويدل على ذلك خارطة تساوي المناسيب (شكل ٥-٧) التي تمّ وضعها بناءً على المعطيات في الجدول (٤- ٧)، مع العلم أن حركة المياه في المنطقة بشكل عام هي من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي وذلك حسب الدراسات السوفييتة، وإن دلّ على شيء إنما يدل على شدّة التكتونيك في المنطقة حيث أن الآبار محصورة ضمن نطاق صغير ومع ذلك هناك أكثر من اتجاه لحركة للمياه الجوفية.

الجدول (٥-١) مناسيب النقاط المائية المدروسة (نيسان ، ٢٠٠٧)

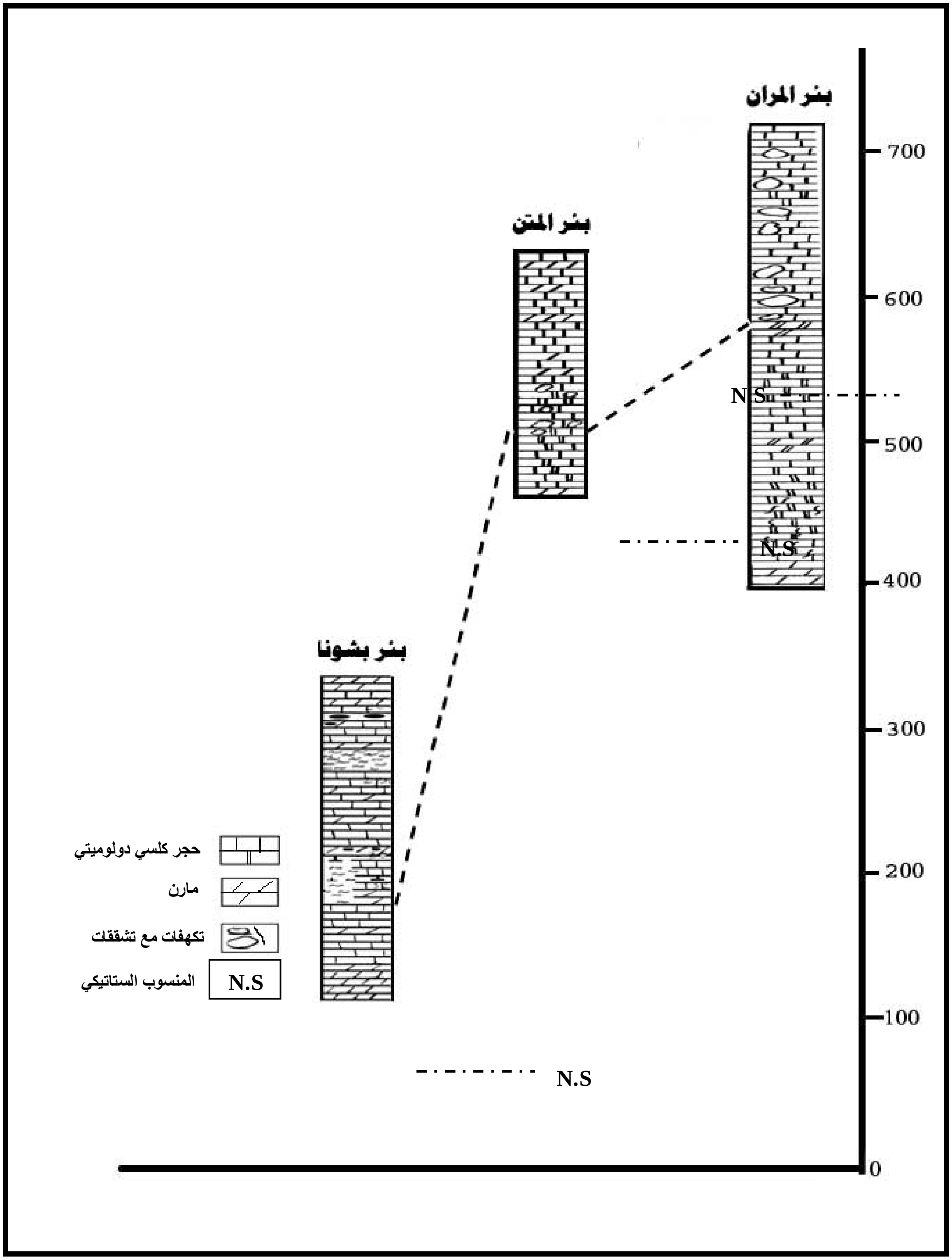
النقطة المائية	الارتفاع الطبوغرافي	الفراغ الهوائي للبئر	المنسوب الستاتيكي
نبع عين الزرقا	350 m	0 m	350 m
بئر المتن	160 m	120 m	120 m
بئر المران	720 m	140 m	180 m
بئر بشونا	340 m	120 m	120 m



الشكل (٥-٧) خريطة تساوي المناسيب

كما أجريت دراسة مقارنة بالاعتماد على الأعمدة الليتولوجية للآبار الثلاثة المحفورة في منطقة الدراسة (شكل ٥-٨) حيث يلاحظ أن الطبقة الحاملة للمياه توجد على ارتفاعات مختلفة عن مستوى سطح البحر وهو ما يفسر شدة التكتونيك والتخلعات التي أدت إلى تغيرات في توضع

هذه الطبقة ، كما أن اتجاهات التكتونيك (الجنوب الغربي) والطبوغرافيا فـــي المنطقـــة لعبـــت دوراً أيضاً في تغير توضع الطبقة الحاملة للمياه.



الشكل (٥-٨) الأعمدة الليتولوجية للآبار

٥ - ٦ - نوعية المياه :

تمت معالجة نتائج التحاليل الكيميائية للمياه الجوفية وفق المراحل التالية:

أ - إعادة حساب نتائج التحاليل الكيميائية المخبرية من الشكل الوزني الأيوني إلى الشكل المكافئ ثم المكافئ النسبي.

ب - حساب الملوحة.

ت - حساب القساوة.

من خلال المرحلتين(آ، ب) استطعنا كتابة علاقة كورلوف لكل نقطة مائية جدول (٥ - ٢)

ومن خلال المراحل الثلاث مجتمعة تمكنا من حساب:

الملوحة مقدرة بـــ(غ/ل)من خلال مجموع أوزان الشوارد المحللة المقدرة بـــ(ملغ/ل).

الجدول (٥ - ٢) تصنيف المياه حسب كورلوف بالاعتماد على الجدول (٤ - ٦)

النقطة المائية	علاقة كورلوف	تصنيف المياه حسب كورلوف			
		النوعية	الملوحة	الحموضة	القساوة
نبع عين الزرقا	M 0.4 . (Hco3 88cl 6So4 5/ Ca 62Mg37 pH 7.8	بيكربوناتية- كلسية مغنيزية	عذبة	ضعيفة القلوية	قاسية
بئر المتن	M 0.39. (Hco390cl 5.7So4 4/ Ca 59Mg40.5) pH7.6	بيكربوناتية- كلسية مغنيزية	عذبة	ضعيفة القلوية	قاسية
بئر المران	M 0.39. (Hco386 cl 4.69So4 9/ Ca 55Mg44) pH7.7	بيكربوناتية- كلسية مغنيزية	عذبة	ضعيفة القلوية	قاسية
بئر بشونا	M 0. 44 . (Hco3 92 cl 4So4 2.8 / Ca 71Mg28 pH7.7	بيكربوناتية- كلسية مغنيزية	عذبة	ضعيفة القلوية	قاسية

٥ - ٧ - علاقة كورلوف:

وهي من أهم العلاقات المستعملة عمليًا في تنظيم وعرض نتائج التحاليل الكيميائية الإفرادية للمياه الجوفية .وهي عبارة عن كسر تمثيلي، توضع في صورته الشوارد السالبة معبرًا عنها بالشكل المكافئ النسبي وترتب حسب درجة تناقصها في المحلول أما في المخرج فتوضع الشوارد الموجبة وبنفس الأسلوب.

هذا وتمثل على يسار الكسر الغازات مقدرة بـــ(غ/ل) والعناصر النادرة(ملغ مكافئ) ودرجة ملوحة المياه (غ/ل) حيث يرمز لها بالحرفM. أما على يمين الكسر فيمثل كل من PH ودرجة الحرارة المئوية (T) وتصريف النبع أو البئر (D) مقدراً بـــ ($م^3$/يوم) .

ولتسمية التركيب الكيميائي للعينة المائية نستعمل أسماء الشوارد الموجبة والسالبة التي تكون كمياتها في المحلول أكبر من ٢٥% ملغ مكافئ فقط، وذلك بوضع أسماء الشوارد السالبة ثم الموجبة حسب تناقص كميتها.

وسنقتصر في هذا البحث على كتابة درجة ملوحة المياه بـــ(غ/ل)، حيث يرمز لها بالحرف M على يسار الكسر أما على يمين الكسر فتكتب الحموضة PH.

النتائج

تسمح الدراسات المنفذة وتحليلها باستخلاص مجموعة من النتائج التي نلخصها كما يلي:

- § التكتونية الشديدة أدت إلى تخلع وتشقق الصخور مما سهل عمل المياه بفعل التهطال الشديد على انتشار الظواهر الكارستية المختلفة.
- § تنتشر في المنطقة مظاهر الكارست المختلفة والمعروفة عالمياً ويمكن أن نوردها حسب درجة انتشارها كما يلي :
  - أقنية وشبكات .
  - أقماع كارستية .
  - دولينات.
  - مغاور كارستية.
  - آبار كارستية.
- § أجريت دراسة نصف كمية لدرجة الكارستية التي تحدد النسبة المئوية لحجم الكارست إلى حجم الصخر فتبين لنا أن هذه النسبة تتراوح بين ١٠% إلى ٣٠% وأخذ بعين الاعتبار حجم المغاور والفوهات (الجوبات).
- § تنتشر في منطقة الدراسة صخور ذات ليتولوجية متنوعة تشمل على صخور رسوبية، كلسية دولوميتية وكلسية مارنية وكلسية غضارية أو صخور بركانية بازلتية وطف بازلتي . إن هذه الليتولوجية ذات أهمية بالغة في توفر ظروف تشكل الكارست.
- § يعتبر هبوط رأس مجموعة الحفر وضياع سائل الحفر أثناء حفر الآبار المدروسة (المران – المتن – بشونا) في التشكيلات دليلاً على وجود وانتشار ظاهرة الكارست تحت السطح.
- § ساعد التركيب الليتولوجي للحوامل المائية العائدة للكريتاسي العلوي في المنطقة (كلس وكلس دولوميتي) على تطور الكارست.
- § يؤثر تهطال مياه الأمطار الحامضية الذي يزيد عن ١٣٠٠ مم/سنة في المنطقة في الصخور الكربوناتية ويتجلى ذلك في انحلال جزئي للصخور المتكشفة والمشكلة للحوامل المائية الذي يظهر في ارتفاع شوارد الكالسيوم والمغنيزيوم والبيكربونات في العينات المقطوفة من الآبار والينابيع المدروسة.

- تؤثر عمليات الكارست في نوعية المياه للحوامل المائية التي هي ميـــاه بيكربوناتيـــة كلسية ــ مغنيزية وتلعب عمليات الكرستة دوراً سلبياً بالنسبة للمنشآت الهندسية.
- تعمل الشقوق والفوالق الناتجة عن الحركات التكتونية على إمـــرار الميـــاه الســـطحية وتغلغلها إلى الحوامل المائية للمياه الجوفية التي تساهم إلى حد كبير في تـــأمين ميـــاه الشرب.

أما التوصيات والمقترحات تتركز على ضرورة متابعة الدراسة لمختلف مناطق الساحل مـــن أجل فهم أفضل لعلاقة التكتونيك والكارست في فهم هيدروجيولوجيا المنطقة ووضع خـــرائط لنوعية المياه بفعل عامل الليتولوجيا والحركية.

ومع أن هذه الدراسة ألقت الضوء على ما كان يعرف بالأقماع الكمبرليتية التي تبين لنا أنها ما هي إلا نتيجة بفعل الكارست وعمل المياه فإنه لا بد من إجراء مزيد من الدراسة علـــى هـــذه الفوهات والمظاهر الكارستية للوقوف النهائي على طبيعتها وظروف تشكلها .

المراجع العربية

- التقارير النهائية لآبار : فيديو – ١ ، اللاذقية – ٢ ، اللاذقيـــة – ٣ ، الشـــركة الســـورية للنفط.
- التقرير الهيدروجيولوجي - الموارد المائية - خبراء سوفييت، ١٩٧٩.
- التقرير الهيدرولوجي - الموارد المائية - خبراء سوفييت، ١٩٧٩.
- الخريطة الجيولوجية لرقعة القرداحة مقياس ١ / ٥٠٠٠٠ المؤسسة العامـــة للجيولوجيـــا والثروة المعدنية، ١٩٧٨.
- العطري. أ وَ تنكجي هـــ . (١٩٨٢). تفسير المعطيات الاهتزازيـــة لمنطقـــة اللاذقيـــة، الشركة السورية للنفط.
- المذكرة الإيضاحية لرقعة القرداحة (١٩٧٨) المؤسســـة العامـــة للجيولوجيـــا والثـــروة المعدنية.
- بلال . أ (٢٠٠٢) – دراسة جيولوجية بنيويـــة هيدروجيولوجيـــة والتمعـــدنات للجـــزء الشمالي من الساحل السوري – الهيئة العامة للاستشعار عن بعد. سورية.
- سكالوف (١٩٦٢) – الشروط الأساسية لتطور الكارست –موسكو.
- عبد السلام . ع (١٩٧٠) ترجمة عن الروسية.
- كزكز م . (١٩٧٨) التفسيرات الجيولوجية لشواذات الجاذبية فـــي السلســـلة الســـاحلية. المؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية.
- ماكسيموفيتش – مبادئ علم الكارست – الجزء ١ و ٢ (١٩٦٣ – ١٩٦٩) موسكو.
- مجلة العلوم الجيولوجية، كانون الأول (١٩٩٩)، العددان ١٧-١٨.
- مسالمة . ل، علم الجيومورفولوجيا (١٩٨١) منشورات جامعة دمشق.
- معطي. م، (١٩٧٦)، صخور الجوراسي في السلسلة الساحلية ، سوريا.
- يوسف. ع وَ غانم . هـــ ، (١٩٨١) – البيئة الجيولوجية العامة والاحتمالات النفطية في غرب وشمال غرب سورية. الشركة السورية للنفط.
- يوسف.ر، (٢٠٠٨)، دراسة الكارست وأهم منعكســـاته الاقتصـــادية والهيدروجيولوجيـــة (المنطقة الساحلية – صافيتا) أطروحة ماجستير في جامعة دمشق.

المراجع الأجنبية

- A. Bilal et J.L.R Touret , 2001- Les enclaves du volcanisme recent du rift syrien. Bull. Soc.GéOL. Fr.N° 1, 3- 14.
- AUDRA Ph. (1994). – Karsts alpins. Genèse de grands réseaux souterrains.
- Beicip. (1976) - Interpretation of Syria. Ministry of petrol, Damascus, SYRIA. 279PP.
- Bilal & O. Ammar, 2002. Rainfall Water management using satellite imagery – example from Syria.
- BLANKEHOREN, M. Grundzüge der geologie und physikalischen geographie von nNord Syrien . Einegeologisch- geographische- skizze, erlin 1891.
- BRAMKAMP R.A. and OOWER R.W. (1958) – Classification of Arabian carbonate rocks. Geol . Soc . American Bull. Vol.69, N°10, 1305- 1318 .
- BURDON D.I., MAZLOUM S. and SAFADIC.(1954) – Groundwater in Syria. Pub. Assoc. Internat. Hydol. (Assemblé générale de Bôme.t.2) N°3.
- DUBERTRET L.(1932) – Les formes structurales de la Palestine. C.R. Acca. Scie. Paris, 195,65-67.
- DUBERTRET L. (1933) – La tectonique de la Syrie septentrionale à la fin du Crétacé et au début du Tertiaire. Notes & Mémoires, (1), 173- 182, I 11.
- DUBERTRET L. (1933) – L'hydrologie et apercu sur l'hydrographie de la Syrie et du Liban dans leurs relations avec la géologie . Rév.Géographys. et Géol.Dynam., 6.N° 4.

- DUBERTRET L. (1933) La carte géologique au millionième de la Syrie et de Liba. Rév. Gègr. Phys. Géol. Dynam., T. V I , Fasc. 4, 269 – 318.
- DUBERTRET L. (1937) – Les conditions gèologiques de la prospection du pétrole en Syrie. Congr. Mond . pétrole (2 éme session, Paris), 209 – 211.
- DUBERTRET L. (1956) – Aperçu sur le Crétacé de la bordure orientale de la Méditerranée depuis le golfe d'Akaba jusqu'au golfe d'Alexandrette. XX éme Congr. Géol. Intern ., Mexico, symposium del Cretacio, 1-6.
- DUBERTRET L. (1963) – Conditions hydrologiques de lamenagement de retenues sur le Karst au Liban.
- G. cvijic, 1960 – La geographic des ternains.
- GRABAU A.M (1904)- On the classification of sedimentary rocks. Am. Geologist, vol. 33, 228- 247.
- KOBER L (1915) – Geologische Forschungen in vorderasien.
- Krenkel E. (1924). Der Syrische Bogen. Centralblatt fur Mineralogie, Geologie und Palaeontologie, Abhandlungen B 9 , p.274-281.
- Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A., Streckeisen A., Zanettin B. 1986. A classification of volcanic rocks based on the total alkalis-silica diagam. Journal of Petrology, 27:745-750.
- Le Maitre, R.W, 1984. A proposal by the Lugs subcommission on the systematics of igneous rocks for a chemical classification of volcanic rocks on the total alkali silica (TAS). Diagram. Australian Journal of Earth Sciences 31, 243-255.
- Leonov Y. (1985).Geology of Nahr Alkair Alshmali Depression. Report on the Ministry of Petroleum and Mineral Resources, Damascus.

- MARCHAND Th.(1992)- Les karests dans le Jurassique ardéchois .- karstologia, 19, 1-10.
- May P.R.(1991). The Eastern Mediteranean Mesozoic basin: evolution and oil habital. A.AP.G.Bulletin(7), 75,p.1215-1232.
- Middlemost
- Middlemost, E. A. K ., 1994. Naming materials in the magma / igneous rock system, Earth-Sci. Rev., 37: 215.
- Mouty M.(2000). The Jurassic in Syria: an overview. Lithostratigraphic and biostratigraphic correlations with adjacent areas. In, S. Crasquin-Soleau and E.Barrier (Eds.), New data on Peri Tethyan sedimentary basins Memoires du Muséum National d'Historie Naturelle, Paris, PeriTethys Memoir5 , p.159-168.
- Mouty, M.(1997). Le Jurassique de la Chaîne . C.R.Acad. Sci. Paris, Science de la terre et des planets, 325, p207-213.
- MoutyM.(1976). Présence du Lias dans le massif Alaouite, Syrie. Comptes Rendus sommaires de la Société géologique de la France, 3,p.104-105.
- PONIKAROV V.P (1966) – The geological map of Syria: Scale 1\1000000, Ministry of Industry, Syria.
- PONIKAROV V.P et al. (1967) – The geology of Syria. Explanatory Notes on the geological map of Syria. Scale 1\500000. Syrian Arab Republ., Ministry of Industry, Dept. Geol.Miner. Research.
- W.N. Davis. 1931- Origin of Limestone caverns.